Hanns Günther

Radiotechnik

Das Reich der elektrischen Wellen

Kosmos, Gesellschaft der Naturfreunde
Franckh'sche Verlagshandlung · Stuttgart

Radiotechnik

v. Arco
Maxwell
Meißner
Die
Pioniere
der
Radio-
Technik
Hertz
Marconi
Braun
Wien
Glaby

Radiotechnik

Das Reich der elektrischen Wellen

Von

Hanns Günther
(W. De Haas)

Mit 28 Abbildungen im Text
und einem farbigen Umschlagbild

Vierte Auflage

Stuttgart
Kosmos, Gesellschaft der Naturfreunde
Geschäftsstelle: Franckh'sche Verlagshandlung
1921

Kosmos, Gesellschaft der Naturfreunde ◆ Stuttgart

Die Gesellschaft Kosmos bezweckt, die Kenntnis der Naturwissenschaften und damit die Freude an der Natur und das Verständnis ihrer Erscheinungen in den weitesten Kreisen unseres Volkes zu verbreiten. — Dieses Ziel sucht die Gesellschaft durch Verbreitung guter naturwissenschaftlicher Literatur zu erreichen im

Kosmos, Handweiser für Naturfreunde

Jährlich 12 Hefte mit 4 Buchbeilagen. Preis vierteljährl. 7.50 M.

Diese Buchbeilagen sind, von ersten Verfassern geschrieben, im guten Sinne gemeinverständliche Werke naturwissenschaftlichen Inhalts. Vorläufig sind für das Vereinsjahr 1921 festgelegt (Reihenfolge und Änderungen auch im Text vorbehalten):

Prof. Dr. K. Weule, Die Anfänge der Naturbeherrschung. I. Frühformen der Mechanik.

Hanns Günther, Radiotechnik.

Dr. Kurt Floericke, Würmer.

Wilh. Bölsche, Im Bernsteinwald.

Jedes Bändchen reich illustriert.
Geh. M 5.20 Gebd. M 7.80

Diese Veröffentlichungen sind durch alle Buchhandlungen zu beziehen; daselbst werden Beitrittserklärungen zum **Kosmos, Gesellschaft der Naturfreunde**, entgegengenommen. Auch die früher erschienenen Jahrgänge sind noch erhältlich. (Satzung, Bestellkarte, Verzeichnis der erschienenen Werke sowie Preise usw. siehe am Schluß.)

Geschäftsstelle des Kosmos: Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart.

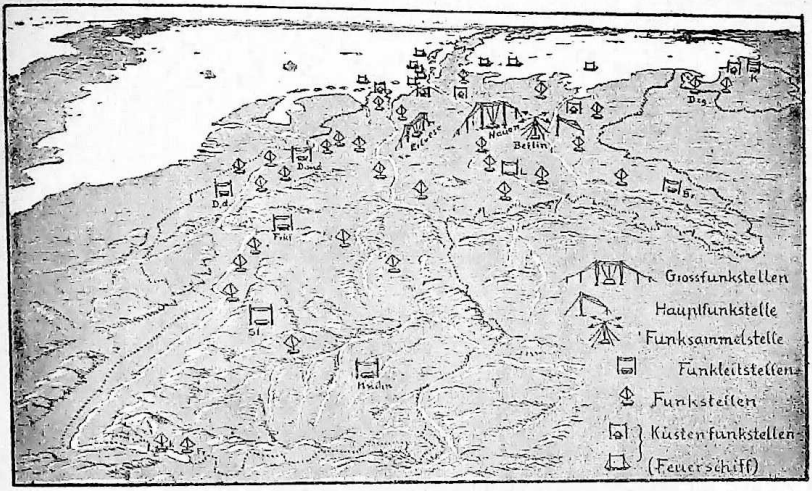


Abb. 1. Übersichtskarte des deutschen Reichsfunknetzes nach dem Stand vom April 1921.

1.

Nimm eine Verkehrskarte der Welt zur Hand und schau dir die Küsten und Grenzen Deutschlands an! Dicke schwarze Linien strahlen von dort nach allen Seiten. Die einen ziehen durch die Meere hinüber zu jenen Ländern, von denen das große Wasser uns trennt. Die andern durchschneiden vor allem die russischen Steppen und gehen tief hinein in Indiens Wunderreich. Die Seekabel sind's und die Überlandtelegraphen, die Boten, denen wir vor dem Kriege alles anvertrauten, was es der Welt da draußen zu verkünden galt. Da kam der Krieg, der den Mund dieser Boten stumm werden ließ, weil niemand mehr war, sie zu hören. Und nach fünf Jahren der Frieden, der uns die Boten selber nahm, denn unter den vielen, vielen Dingen, die man uns entriß, sind auch fast alle Kabel.

Kaum zweieinhalb Jahre sind verflossen, seit man uns so zu knebeln versuchte, um uns zu zwingen, das, was wir der Welt zu sagen hatten, durch Feindesmund, durch feindliche Kabel, zu sprechen. So sollte Deutschland auch auf diesem Gebiet bevormundet werden, konnte man dann doch nach Belieben das, was es sagte, fälschen und unterdrücken. Gelang dieser Anschlag wider das deutsche Wirtschaftsleben, das davon in erster Linie betroffen worden war? Eine kleine Notiz aus einer technischen Zeitschrift gibt Antwort dar-

auf. „Entwicklung des deutschen Funkverkehrs" ist sie überschrieben, und der Text heißt ganz nüchtern: „Während am 1. Juni 1919 insgesamt 27 Funkstellen im öffentlichen Verkehr tätig waren, standen am 1. Juni 1920 bereits 55 im Betrieb, und eine größere Zahl war in Vorbereitung. Der Funkverkehr mit dem Ausland ist bisher nach den Vereinigten Staaten, Rußland, Spanien, Norwegen, Schweden, Ungarn und Holland aufgenommen worden und befindet sich in Vorbereitung mit Frankreich, Italien, der Schweiz, der Tschechoslowakei und Rumänien. Die Zahl der von deutschen Funkstellen verarbeiteten Funktelegramme betrug im März 1919 3866 Telegramme mit 136 103 Wörtern; sie hat sich im Laufe des Jahres auf 104 977 Telegramme mit 1 778 344 Wörtern im März 1920 gesteigert."

Die Bresche, die der Friedensvertrag durch die Wegnahme der Kabel in das deutsche Verkehrsnetz schlug, ist also schon wieder ausgefüllt; der Retter in der Not war die Wellentelegraphie, in der sich die Menschen die den Äther durchflutenden elektrischen Wellen zur Übermittlung ihrer Botschaften dienstbar machten. Schon vor dem Kriege war sie in bescheidenem Maße — mehr als Aushilfsmittel — tätig. Im Kriege ist sie gewachsen und groß geworden. Erst jetzt aber zeigt sie, was sie leisten kann: als Bindeglied zwischen Kontinenten, als unzerstörbare Brücke über Meer und Land.

Vier Punkte sind es, von denen aus Deutschland trotz des geraubten Kabelnetzes frei und ungehindert mit aller Welt spricht: Zuerst Nauen und Eilvese, die beiden Großfunkstellen, die hauptsächlich dem Überseeverkehr, als Ersatz der früheren Kabel, dienen. Dann die Hauptfunkstelle Norddeich (bei Bremen), die Sturmwarnungen, Wettermeldungen und allerlei Nachrichten für Seefahrer an die Schiffe weitergibt. Schließlich die Hauptfunkstelle Königswusterhausen, die Zentralstelle für den innerdeutschen und den Funkverkehr mit den anderen Ländern Europas, zugleich der Streupunkt für den Funkwirtschaftsdienst der Außenhandelsstelle, der jeden Morgen den deutschen Handelskammern die wichtigsten Börsen- und Handelsnachrichten sowie die Weltmarktkurse funkt, den Funkpressedienst versieht, der die Tageszeitungen mit eiligem Stoff versorgt, und den Funkwetterdienst, der dreimal täglich Wetternachrichten an alle deutschen Wetterstellen und die deutschen Flughäfen schickt. Um diese vier Mittelpunkte kristallisiert

sich ein zum Teil schon ausgebautes, zum Teil noch in der Entstehung begriffenes Gebilde, das sich „Reichsfunknetz" nennt; es dient zur Entlastung des vorhandenen, der Verkehrszunahme vielfach nicht mehr gewachsenen Netzes von Telegraphen- und Fernsprechleitungen, sowie zur Aushilfe bei umfangreichen Leitungsstörungen infolge besonderer Naturereignisse (Erdströme, Unwetter usw.). Zur Bildung dieses Reichsfunknetzes ist das ganze Reichsgebiet in Bezirke eingeteilt worden. Jeder Bezirk hat seinen Mittelpunkt in einer „Funkleitstelle", die unmittelbar mit der Reichszentrale, der „Funksammelstelle" Berlin, verkehrt. Um die Funkleitstellen gruppieren sich in jedem Bezirk mehrere „Funkstellen", die so eingerichtet sind, daß sie zu gleicher Zeit senden und empfangen können (Gegensprechbetrieb). Darunter befinden sich 13 Küstenfunkstellen, die den Nachrichtenverkehr mit den Schiffen auf See vermitteln. Neben diesen Funkstellen, die in den Telegraphenämtern untergebracht sind und nur mit den zugehörigen Funkleitstellen verkehren, gibt es noch zahlreiche Empfangsstellen (bei Handelskammern, Börsen, Wetterwarten, Zeitungsredaktionen), die nur zur Aufnahme von Telegrammen, nicht zum Senden dienen. Diese Stellen werden unmittelbar von Königswusterhausen aus bedient.

Die als Abb. 1 beigefügte Kartenskizze zeigt, daß unser Funknetz heute schon das ganze Reich überdeckt, ausgenommen die besetzten Gebiete. Der weitere Ausbau wird die Maschen einesteils bedeutend enger ziehen, das Netz aber zugleich durch die Erstreckung über Europa erweitern.

2.

Denn das ist eines der wichtigsten Ergebnisse der internationalen Verkehrskonferenz von Mitte 1920: daß zwischen den Funkstellen der europäischen Großstädte ein regelmäßiger Funkverkehr eingerichtet werden soll, der den bestehenden internationalen Verträgen unterliegt. Von hier aus spannt das Netz sich dann weiter über die ganze Welt, nur daß jetzt Deutschland einen bescheideneren Anteil daran nimmt. Durch den Krieg sind ihm seine überseeischen Besitzungen ja entrissen worden. Dadurch ist der große Plan eines deutschen Weltfunknetzes, dessen Verwirklichung mit den Großstationen in Kamina (Togo) und Windhuk (Deutsch-Südwest-Afrika) begonnen worden war, vorderhand seiner Grundlagen beraubt. England und Frankreich aber haben den Gedanken aufgegriffen.

Das „allbritische Netz", die „all red wireless route", mit Großstationen auf nur englischem Gebiet, ist im Ausbau begriffen und wird wohl in absehbarer Zeit vollendet werden. Der durch die Marconi-Gesellschaft im Frühjahr 1910 ausgearbeitete Plan sieht drahtlose Verbindungen nach Indien, China, Ägypten, Südafrika, Westafrika, Südamerika, Westindien, Montreal und Australien mit 50 Haupt-, 100 Neben- und etwa 200 Ortsstationen vor, wodurch ganz England instand gesetzt wird, drahtlose Meldungen aus jeder Ecke des britischen Weltreichs aufzunehmen und von jedem Teil des Reiches aus mit jedem entsprechend ausgerüsteten Schiff in Verbindung zu treten, das sich irgendwo zwischen 60° nördl. und 50° südl. Breite auf See befindet. Der hohe Wert einer derartigen, kriegsgeschützten Verbindung Englands mit allen bewohnten Teilen der Welt für die britische Politik, den britischen Handel, die britische Schiffahrt liegt auf der Hand.

Ein ganz ähnlicher Plan, der Frankreich vom derzeitigen britischen Kabelmonopol unabhängig machen soll, ist von den französischen Verkehrsbehörden ausgearbeitet worden; er soll Europa, Asien, Afrika, Süd- und Nordamerika durch Großstationen nur auf französischem Gebiet miteinander und mit Paris verbinden. Zur Verwirklichung dieses Gedankens ist noch nicht sehr viel geschehen.

Daß in den übrigen Kulturländern im gleichen Sinne gearbeitet wird, ist selbstverständlich, nur daß der Maßstab — abgesehen von Amerika — meistens kleiner ist. In den U. S. A. ist ein Ausbau der Stationen in zum Teil riesenhaftem Ausmaß vorgesehen, um auf diese Weise die Reichweite über alle Teile der Welt zu erstrecken, da ja die Union Kolonien, die sie zu entsprechenden Stützpunkten ausbauen könnte, nicht besitzt. Daß Japan nicht zurücksteht, braucht man kaum zu erwähnen. Aber auch China ist erwacht, denn Peking, der Sitz der Regierung, ist kürzlich durch eine dreigliedrige Kette von Funkstationen mit dem fast 5000 km entfernten Kaschgar in Chinesisch-Turkestan verbunden worden; Kaschgar liegt seinerseits in der Reichweite der indischen Großstationen und bildet so das Bindeglied mit der übrigen Welt.

3.

Und Deutschland? Ist es durch den Krieg von dieser Entwicklung völlig abgeschnitten? Wird es ohne Anteil am Funk-

weltverkehr sich auf die Landesgrenzen und auf Europa beschränken müssen? Man braucht als Antwort auf diese Frage nur ein Wort zu sagen, das alle Befürchtungen grundlos macht. Dieses Wort heißt „Nauen"! Mit der Großstation Nauen besitzt Deutschland die größte im Betrieb befindliche Funkstelle der Welt. Ihre Reichweite ist so groß, daß sie selbst mit unsern Antipoden, mit Australien und den Südsee-Inseln (Entfernung von Nauen 20 000 km [= halber Erdumfang]), in funkentelegraphische Verbindung treten könnte, wenn — ja, wenn nicht die Gegenspieler fehlten, die imstande sind, über diese Strecke hinweg Nauen zu erreichen. Vorläufig gibt es solche Gegenspieler nicht. Nauen kann also zwar nach Australien und der Südsee (wie nach allen Teilen der Erde) senden, aber keine Südseestation ist imstande, ihm direkt zu antworten, weil keine einzige die gleiche Reichweite besitzt. Doch wird es nicht mehr lange dauern, bis darin Wandel geschafft ist. Nicht als ob Australien die Absicht hätte, eine Nauen gleichwertige Riesenstation zu schaffen. Die Entwicklung geht nicht nach dieser Richtung, sondern — was ja schon die Weltnetzpläne zeigen — auf den Bau von „drahtlosen Linien" hin, auf Netze von Großstationen in solcher Entfernung voneinander, daß jede ihre Nachbarn unter allen Umständen — auch bei atmosphärischen Störungen schwerster Art — erreichen kann. Denn nur bei unbedingter Betriebssicherheit kann man den Funkdienst der Kabel- und Drahttelegraphie als gleichwertig bezeichnen. Die „Telefunken"-Gesellschaft als Erbauerin der Großstation Nauen hat deshalb zunächst mit der „Radio Communication Co." ein Abkommen über die Errichtung einer Gegenstation für Nauen auf Long-Beach bei Neuyork geschlossen, die mit deutschen Maschinen ausgerüstet wird. Weiter wurden Betriebsverträge mit den gleichfalls mit Telefunkenapparaten arbeitenden Großstationen in Chapultepec (Mexiko) und Cartagena (Kolumbien) zustande gebracht, die uns einen unkontrollierten Verkehr nach Südamerika sichern. Drittens hat „Telefunken" im Auftrag der holländischen Regierung den Bau zweier Großstationen in Assel (Holland) und auf Java übernommen, die ebenfalls mit Nauen arbeiten werden, so daß uns dadurch und durch die früher von „Telefunken" gebaute japanische Großstation Funabashi der Weg nach dem fernen Osten geöffnet wird. Schließlich ist noch in Buenos Aires (Argentinien) eine Großstation nach deutschem Muster im Bau, die mit

Deutschland direkt oder über Long-Beach arbeiten kann. Dadurch verfügt nach Abb. 2 auch Nauen über ein den ganzen Erdkreis umspannendes Netz, in dem nur noch im Pazifikgebiet eine Lücke klafft, die aber jederzeit, z. B. zwischen Mexiko und Japan, geschlossen werden kann.

4.

Wir sehen also, daß Deutschland trotz der Wegnahme seiner Kabel binnen kurzem in seinem Nachrichtenverkehr mit Übersee wieder ganz frei von der Ententekontrolle sein wird. Aber wie steht es dabei mit der finanziellen Seite? Ist dieser Funkverkehr nicht teurer als ein Kabeltelegramm, so daß wir also gegenüber den Kabelstaaten unwirtschaftlich arbeiten? Die Praxis hat diese Frage dahin beantwortet, daß sich die Anlagekosten eines Überseekabels zu den Baukosten einer Funkenverbindung auf der Strecke Deutschland—Amerika etwa wie 2:1 verhalten, d. h. die Funkverbindung läßt sich mit dem halben Kapital der Kabellinie herstellen. Dafür sind beim Funkverkehr die Betriebskosten etwa doppelt so hoch. Bei gleicher Wortleistung in der Zeiteinheit ist der Funkdienst also ebenso teuer wie das Kabel. Aber — und das ist ausschlaggebend — die Höchstleistung eines Tiefseekabels von 6—7000 km Länge läßt sich auch bei Verwendung aller Kunstgriffe nicht über 175 Buchstaben in der Minute steigern, während es bei der Wellentelegraphie eine solche Begrenzung der Höchstleistung nicht gibt. „Es ist schon jetzt möglich," sagt Solf in der Festschrift zur Einweihung der Großfunkstelle Nauen, „bei Schnellbetrieb mit Maschinensendern auf Großstationen 300 Buchstaben in der Minute zu senden, und die angestrebte Leistung von 500 Buchstaben ist nur noch eine Frage der Zeit. Da ferner moderne Großstationen wie Nauen einen 24stündigen Dauerverkehr bei gleichzeitigem Senden und Empfangen durchzuhalten vermögen, so ist es klar, daß in dieser Richtung die Entwicklungsmöglichkeiten des drahtlosen Konkurrenzkampfes mit dem Kabel liegen. Je höher die Wortleistung, desto geringer kann bei genügender Verkehrsstärke die Taxe für das einzelne Wort gehalten werden. Die Marconi-Gesellschaft, ebenso die Radio-Corporation of America, haben auf ihren eigenen Linien schon jetzt den Satz für drahtlose Übermittlung auf etwa $^2/_3$ der Worttaxe für das Kabel festgesetzt." Deutschland, das zurzeit für beide Übermittlungsarten noch die gleiche Gebühr erhebt, wird auf diesem

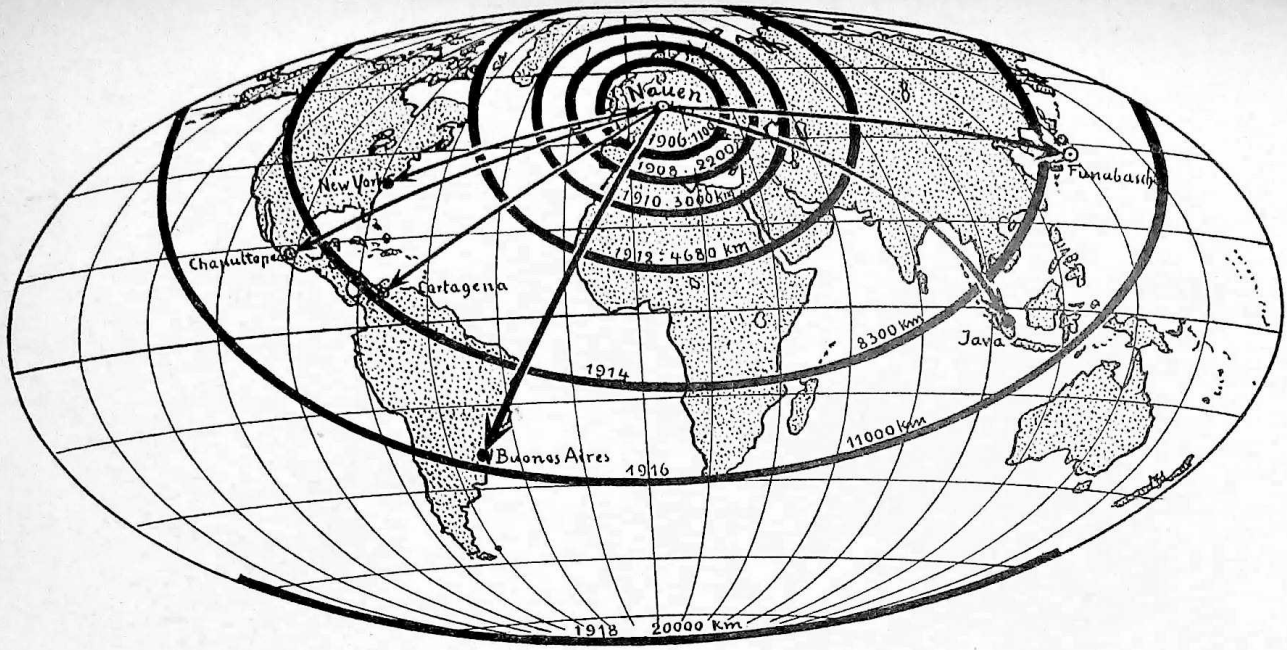


Abb. 2. Diese Abbildung veranschaulicht zunächst, wie sich die Reichweite der Station Nauen von Jahr zu Jahr entwickelt hat. Die Kreislinien zeigen, bis wohin man in dem betreffenden, auf der Linie angegebenen Jahr von Nauen aus drahtlos telegraphieren konnte. 1918 wurde der Gegenpunkt, die größte auf Erden mögliche Reichweite von 20000 km, entsprechend dem halben Erddurchmesser, erreicht. Sodann gibt die Karte durch die von Nauen ausstrahlenden Pfeile eine Übersicht über das im Entstehen begriffene deutsche Weltfunknetz, umfassend die zurzeit vorhandenen (○) und die im Bau befindlichen (●) Großstationen nach dem „Telefunken"-System, die mit Nauen durch Betriebsverträge verbunden sind.

Wege schleunigst folgen müssen. Denn die Frage der Ausgestaltung des Funkverkehrs spielt für uns eine viel wichtigere Rolle als etwa für England oder Frankreich, die im Besitze zahlreicher Kabel die Entwicklung in Ruhe abwarten können. Neue Kabellinien an Stelle der uns entrissenen können wir bei dem heutigen Zustand der deutschen Finanzen in absehbarer Zeit aus eigenen Mitteln nicht mehr bauen, denn ein Tiefseekabel Deutschland—Amerika würde heute mehrere hundert Millionen Papiermark verschlingen. Da wir aber ohne unabhängige Überseeverbindungen unsern Handel und unsere Ausfuhr nicht wieder auf die frühere Höhe bringen können, ist der Ausbau des Funkverkehrs im vollen Sinne des Wortes für Deutschland eine Lebensfrage.

5.

Die wirtschaftlichen Notwendigkeiten kennen wir jetzt. Und wir wissen auch, daß wir technisch imstande sind, sie zu erfüllen. Wie die Technik diese Möglichkeit geschaffen hat, ist eine neue Frage.

Am Anfang der Entwicklung steht eine Theorie des Engländers Maxwell, aufgestellt, um dem Zweig der Physik, der die Eigenschaften des Lichtes erforscht, aus einer großen Schwierigkeit zu helfen. Um 1675 herum hatte man entdeckt, daß sich das Licht in jeder Sekunde um 300 000 km fortpflanzt, daß also beispielsweise ein Stern, der 300 000 km von uns entfernt im Weltall plötzlich aufflammt, eine Sekunde später von unserem Auge wahrgenommen wird. Hundertfünfundsiebzig Jahre später wurde nachgewiesen, daß die Lichtstrahlung eine Wellenbewegung sei, ähnlich den Schallwellen in der Luft und den allbekannten Wellen im Wasser. Während man aber bei Schall- und Wasserwellen die Träger der Wellenbewegung kannte, wußte man beim Licht nichts darüber. Die Luft oder sonst einer der bekannten Stoffe konnte es nicht sein, denn Fortpflanzungsgeschwindigkeiten von mehreren hunderttausend Sekundenkilometern sind in allen Stoffen, die wir kennen, unmöglich. Also mußte ein unbekannter Stoff den Träger der Lichtschwingungen bilden. Diesen hypothetischen Stoff nannte man Äther.

Soweit war alles schön und gut. Als man aber die Sache näher ansah, fand man, daß jetzt die Schwierigkeiten erst begannen. Das Wesen der Lichtstrahlung, die Beobachtungen, die man daran

machte, zwangen dazu, dem Äther die Eigenschaften eines festen Körpers zuzuschreiben, eines Körpers, der jeder Veränderung seiner Form einen Widerstand entgegenstellte, der weit stärker war als etwa der des gehärteten Stahles. Zugleich aber sollte der Äther nicht nur die irdische Atmosphäre, sondern auch den freien Weltraum erfüllen, denn sonst war die Fortpflanzung des Lichtes aus Weltallsfernen bis zu unserem Auge überhaupt nicht zu erklären. Im Weltraum aber sollte trotz des Äthers die Bewegung der Gestirne ungehindert vor sich gehen: Eine Fülle von Widersprüchen.

Da kam Maxwell, der den unentwirrbaren Knoten mit einem Schlage durchhieb. Die Erklärung des Lichtes, die man bis dahin versucht hatte, war mechanischer Art. Sie griff auf Luft- und Wasserwellen als Beispiele zurück und stellte sich die Lichtschwingungen nach ihrem Bilde als eine elastische Wellenbewegung in einem greifbaren Mittel — eben dem Äther — vor. Maxwell sagte, nicht die Mechanik sei zur Erklärung heranzuziehen, sondern die Elektrizität. Das Licht sei zwar eine Wellenbewegung, aber durchaus nicht mechanischer Natur, gar nicht zu vergleichen etwa mit dem Schall. Durch elektrische und magnetische Kräfte würden die Lichtschwingungen im Äther erzeugt.

Die elektromagnetische Lichttheorie, die Maxwell mit diesem genialen Gedanken begründete, braucht uns hier nur mit einer einzigen Folgerung zu beschäftigen. Für jede Wellenbewegung, gleichviel, ob sie sich in der Luft, im Wasser oder im Äther vollzieht, sind drei Größen charakteristisch: die Schwingungsdauer, die Wellenlänge und die Fortpflanzungsgeschwindigkeit. Die Schwingungsdauer einer Wasserwelle z. B. erhält man, wenn man die Zeit bestimmt, die vergeht, bis ein gerade auf einem Wellenberg schwimmendes Teilchen in das angrenzende Wellental hinabgesunken und wieder bis zum Gipfel des nächsten Wellenberges aufgestiegen ist. Rechnet man aus, wievielmal diese Zeitdauer in einer Sekunde enthalten ist, so hat man die Schwingungszahl oder Frequenz, die also der Zahl der in einer Sekunde ausgeführten Schwingungen entspricht. Die zurückgelegte, sich stets gleichbleibende Entfernung zwischen den Gipfeln zweier Wellenberge (oder den Tiefen zweier Wellentäler) nennen wir die Wellenlänge. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Welle, d. h. die Schnelligkeit, mit der die Wellenbewegung sich vom Erregungspunkt ausbreitet, ergibt sich, wenn

man die Wellenlänge durch die Schwingungsdauer teilt. Denn Geschwindigkeit ist das Verhältnis des zurückgelegten Weges zur dabei verbrauchten Zeit, und jede Wellenbewegung schreitet während der Zeit einer Schwingungsdauer genau um die Strecke einer Wellenlänge fort. — Mit Hilfe dieser drei Größen kann man jede Wellenbewegung charakterisieren. Was in dieser Beziehung von den Wasser-, Schall- und Lichtwellen auszusagen ist, stellt Abb. 3 zusammen. Die Lichtwellen weisen danach Wellenlängen von 0,0003 bis 0,0008 mm auf; nach Maxwells Ansicht sollten sie elektrischer Abkunft sein. Stimmt das — das war die Folgerung, die man damals gleich zog —, so ist es klar, daß noch gleichartige Wellen anderer, größerer Wellenlänge existieren müssen. Denn die Natur macht keine Sprünge, sie stellt nicht gerade diese Wellengruppe unvermittelt in unser Dasein hinein. Sicher — ein grandioser Ausblick tat sich damit auf — sind die für uns sichtbaren Lichtwellen nur ein kleiner Ausschnitt aus einer großen Skala, die Wellen aller Längen umfaßt. Nur daß uns die Organe zur unmittelbaren Wahrnehmung dieser unbekannten Wellen fehlen. Aber nachweisbar müssen sie sein, wenn die Gedanken Maxwells überhaupt richtig sind. So entstand plötzlich das neue Problem, elektrische Wellen größerer Wellenlänge, als sie das Licht besitzt, durch geeignete Apparate zu ermitteln.

6.

Der Mann, der Maxwells Gedankengänge durch genial erdachte Versuche als richtig erwies, war ein Deutscher, der Bonner Physiker Heinrich Hertz. Vier Jahre lang, von 1887 bis 1890, beschäftigte ihn die große Aufgabe. Er ging dabei von

---

(Erklärung zu Abb. 3.)

Graphische Darstellung der wichtigsten Wellenbewegungen und ihrer Kennzeichen. Am bekanntesten sind die Wasserwellen, die entweder dadurch entstehen, daß an einer Stelle die Wasseroberfläche in Schwingungen versetzt wird (z. B. durch einen hineingeworfenen Stein) oder dadurch, daß ein größerer Teil der Oberfläche gleichzeitig bewegt wird (z. B. durch einen Windstoß). Die einmal erregten Schwingungen des Wassers pflanzen sich fort, und so entstehen die aus Berg (Anschwellung des Wasserspiegels) und Tal (Senkung des Wasserspiegels) gebildeten Wellen. — Daß sich der Schall in der Luft ebenso ausbreitet wie die Wellen im Wasser, wurde schon im Altertum erkannt. Die Schwingungen (Stöße) des tönenden Körpers übertragen sich auf die Luft und erzeugen eine aus Verdichtung und Verdünnung bestehende Welle, die sich nach allen Seiten in der Luft fortpflanzt. Treffen die Schallwellen das Ohr, so nehmen wir sie als Ton oder Geräusch wahr. — Gegenüber der alten Ansicht, daß von den leuchtenden Körpern kleine Teilchen ausströmen, die Lichterscheinungen im Auge hervorrufen, haben Hooke 1665, Huygens 1690 und Young 1802 das Licht als eine Wellenbewegung des sogenannten Äthers erkannt. Durch einen leuchtenden Körper wird der Äther auf hier nicht zu erörternde Weise in Schwingungen versetzt, die sich als eine aus Berg und Tal bestehende Welle nach allen Seiten fortpflanzen. Trifft eine solche Ätherwelle das Auge, so empfinden wir Licht.

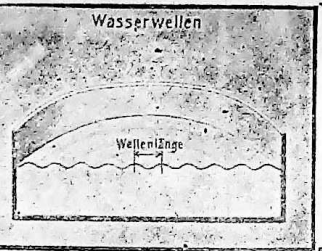
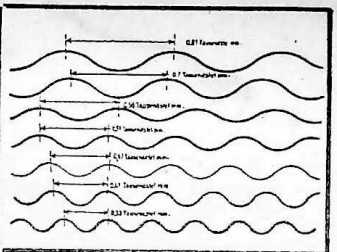
	Wasserwellen	Schallwellen	Lichtwellen
Bild der Wellen			
Wellenlänge	Die Länge der Wasserwellen hängt von der Grösse der Oberfläche und von der Tiefe des Wassers ab. So ist z. B. die Länge der kleinsten in einem Gefäss erzeugbaren Wellen 1,7 cm. die der Wellen des Starnbergersees ca. 5 m. Sturmwellen im Ocean sind 60–120 m. Die längste von Kapitän Mottez im nördlichen Atlantik gemessene Welle ist 830 m. lang.	Die längste dem Ohre wahrnehmbare Schallwelle ist ca 21 m. lang (Ton C_{-1}). die kürzeste dem Ohre wahrnehmbare Schallwelle ist ca 1 cm. lang (Ton c_4). Zwischen diesen Grenzen liegen die Wellenlängen sämtlicher dem Ohre wahrnehmbarer Schallwellen. Grössere bezw. kleinere Luftwellen werden vom menschlichen Gehörsinn nicht mehr wahrgenommen.	Die längste als Licht wahrnehmbare Ätherwelle ist nach Helmholtz 0,8 Tausendstel mm. (dunkelstes Rot). Die kürzeste Lichtwelle ist nach Soret 0,33 Tausendstel mm. (äusserstes Violett). Ätherwellen deren Längen zwischen diesen beiden Grenzen liegen rufen die verschiedenen Farben hervor. Die Aufeinanderfolge der Farben nach ihrer Wellenlänge geordnet: Rot, Orange, Gelb, Grün, Blau, Violett nennt man Spektrum.
Schwingungszahl	Während die Welle über die Oberfläche sich fortpflanzt, schwingen die einzelnen Wasserteilchen auf und ab. Die Anzahl dieser Schwingungen in der Sekunde ist für verschiedenen langen Wellen verschieden. z. B. bei 1,7 cm. Wellenlänge 14 d. h. } ½ Sek. „ 5 m. „ „ ½ eine } 2 „ „ 60–120 m. „ „ ¼ bezw. ⅛ Schwingung } 60 bezw. 8 „ „ 830 m. „ „ 1/23 dauert. } 23 „	Durch die Zahl der Schwingungen welche der tönende Körper und demnach auch die schwingende Luft in der Sekunde ausführen, ist die Höhe des Tones bestimmt. Je grösser die Anzahl der Schwingungen, desto höher ist der wahrgenommene Ton. Zur Erzeugung des tiefsten wahrnehmbaren Tones (C_{-2}) muss der tönende Körper 16. zur Erzeugung des höchsten (c_4) ca. 30000 Schwingungen in der Sekunde ausführen.	Wie die Schwingungszahl der Luftwellen die Tonhöhe, so bestimmt die Schwingungszahl des Äthers die Farbe des Lichtes. Zur Erzeugung des dunkelsten Rot muss der Äther in der Sek. ca 360 Billionen mal, des äussersten Violett ca 960 Billionen mal schwingen. Je grösser die Schwingungszahl, desto mehr verschiebt sich die Farbe im Spektrum vom Rot nach Orange, Gelb, Grün und Violett.
Fortpflanzungsgeschwindigkeit	Die Geschwindigkeit, mit der sich die Wasserwellen ausbreiten hängt ab von der Grösse der Welle, indem sich nämlich grössere Wellen schneller ausbreiten wie kleinere. So ist z. B. für eine Welle von 1,7 cm. Länge die Fortpflanzungsgeschwindigkeit 0,23 m. „ „ „ 5 m. „ „ „ „ „ 2 m. „ „ „ 60–120 m. „ „ „ „ „ 11–15 m. „ „ „ 830 m. „ „ „ „ „ 38 m.	Die Ausbreitung der von den tönenden Körpern erregten Schallwellen geschieht in einer gewissen Zeit. In freier Luft legen die Schallwellen einen Weg von 333 m. in der Sek. zurück, so dass ein Donner, der 20 Sek nach der Blitzerscheinung gehört wird, in 6660 m. Entfernung entstand. In Wasser ist die Schallgeschwindigkeit 1437 m. Noch grösser ist sie in festen Körpern, so z. B. in Glas 5000 m. in Kupfer 3700 m. etc.	Die Ausbreitung der von einem Licht erzeugten Ätherwellen nach unserem Auge geht nicht momentan, sondern in einer gewissen Zeit vor sich. Olaf Römer bestimmte aus astronomischen Beobachtungen 1675 die Geschwindigkeit des Lichtes zu 300000 km. in der Sek. Mit dieser grossen Geschwindigkeit könnte z. B. ein Lichtstrahl in der Sekunde 7 mal die Erde umlaufen.

Abb. 3.

Untersuchungen aus, die der Däne Feddersen um 1860 über die Natur des elektrischen Funkens angestellt hatte. Mit dem Ergebnis, daß der elektrische Funken, wie ihn etwa eine Elektrisiermaschine, die Leidener Flasche, ein Funkeninduktor liefert und den in der Natur als gewaltigstes Beispiel der Blitz verkörpert, nicht — wie man gewöhnlich annimmt — eine einfache Entladung etwa in der Richtung von der Wolke zur Erde oder vom Knopf der Leidener Flasche zur äußeren Belegung ist, daß vielmehr jede derartige Funkenentladung sich aus einer ganzen Anzahl Einzelentladungen zusammensetzt, bei deren erster der Funken in der einen Richtung springt, um bei der zweiten den entgegengesetzten Weg zu machen, bei der dritten aber wieder die erste Richtung zu nehmen usf. Die einzelnen Entladungen folgen dabei in so winzigen Zeiträumen aufeinander, daß wir sie mit dem bloßen Auge nicht getrennt wahrnehmen können. In einem sich schnell drehenden Spiegel aber kann man den Funken zu einem langen Band auseinanderziehen, und an diesem Spiegelbild läßt die skizzierte Erscheinung sich deutlich erkennen. Sie besagt nichts anderes, als daß der Spannungsausgleich, den die Funkenentladung darstellt, sich in Form ungeheuer rasch erfolgender Schwingungen vollzieht. Und Hertz vermutete, die Wirkung jeder einzelnen Entladung auf den Äther sei ganz ähnlich der eines Schlages auf eine ruhige Wasserfläche: Wie dadurch sich nach allen Seiten ausbreitende Wasserwellen entstehen, würden durch die elektrische Entladung Wellen im Äther — elektrische Wellen — erzeugt, die — nahm er an — vom Entstehungspunkt nach allen Richtungen in den Raum hinausfluten.

War diese Ansicht richtig, so mußten diese Wellen sich in der Umgebung der Funkenstrecke nachweisen lassen. Dazu benutzte Hertz die in Abb. 4 skizzierte Versuchsanordnung, die klassische Berühmtheit erlangt hat. Der Funkeninduktor links entlädt sich über die Funkenstrecke. Sucht man den Raum um die Funkenstrecke herum mit einem Drahtbügel ab, der eine auf ganz geringen Abstand (Millimeterbruchteile) einstellbare Funkenstrecke besitzt und Resonator heißt, so findet man, daß unter gewissen Bedingungen, die besonders die Größe, die Entfernung und die Stellung des Resonators betreffen, an dessen Funkenstrecke ebenfalls Funkenentladungen eintreten, die im gleichen Rhythmus mit denen des Induktors erfolgen.

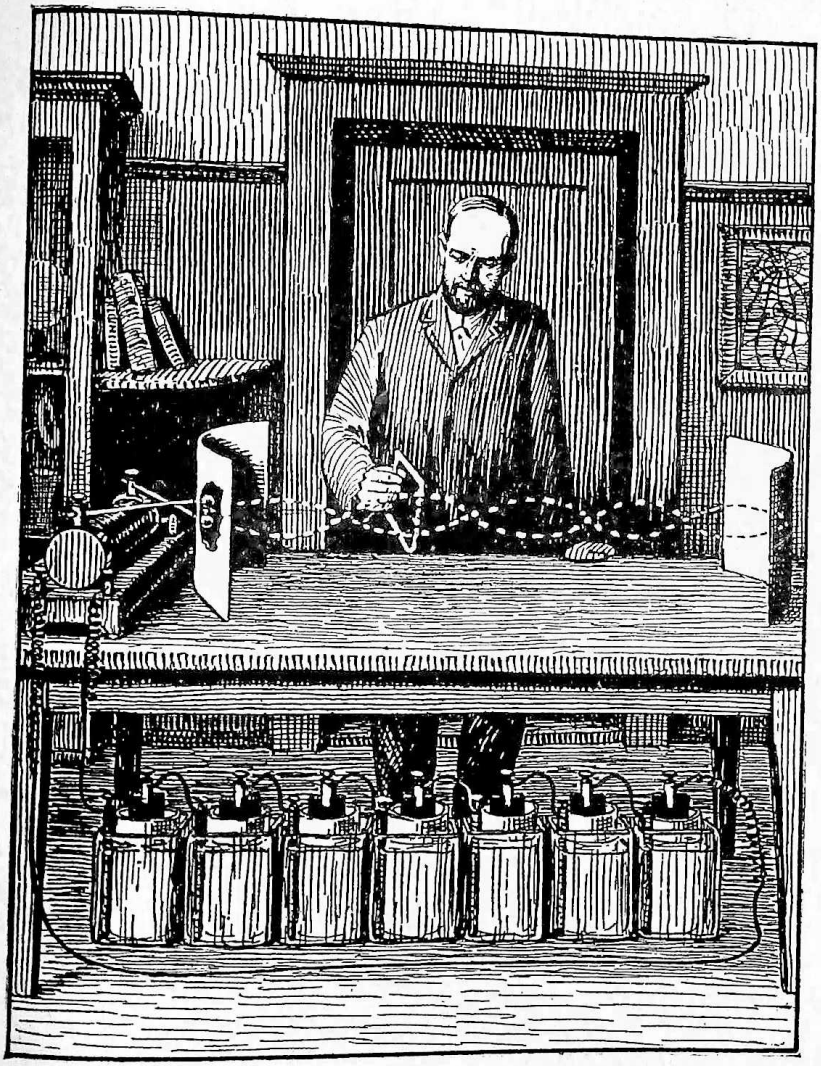


Abb. 4. Vereinfachte Darstellung des Versuchs, der Hertz zur Entdeckung der elektrischen Wellen führte. Von der aus dem links sichtbaren Funkeninduktor gespeisten Funkenstrecke strahlen elektrische Wellen aus, die durch den hinter der Funkenstrecke angeordneten, parabolspiegelartig gekrümmten Blechschirm — genau wie Lichtstrahlen durch einen Parabolspiegel — einem zweiten, gleichen Schirm zugestrahlt und hier reflektiert werden. Bringt man in die Bahn dieser Wellen einen Resonator, d. h. einen an einer Stelle unterbrochenen Drahtbügel, so verrät sich das Dasein der Wellen dadurch, daß an der Unterbrechungsstelle winzige Funken überspringen.

Damit war bewiesen,

1. daß die in Form eines Schwingungsvorganges sich vollziehende Funkenentladung elektrische Wellen erzeugt (die sich in der in Abb. 5 ersichtlichen Weise durch den Raum fortpflanzen);
2. daß diese Wellen durch geeignete Apparate nachgewiesen, d. h. durch ihre Wirkung wahrnehmbar gemacht werden können.

Diese beiden Sätze enthalten die physikalischen Grundlagen der Wellentelegraphie, die unsere Botschaften quer durch den Raum von einem Orte zum andern schickt.

7.

Um die Zeit, da Hertz seine Versuche mit einem vollen Erfolg abschloß, war man bereits an mehreren Orten dabei, die Möglichkeit einer Telegraphie ohne Draht zu studieren, allerdings nicht mit elektrischen Wellen, die man ja nicht kannte, sondern hauptsächlich auf dem Wege der Fortleitung elektrischer Ströme durch die Erde oder das Wasser. Den Anstoß zu diesen Versuchen hatte die große Kostspieligkeit der Drahtleitungen und vor allem der Kabel sowie die lange Bauzeit jeder Leitungsverbindung gegeben. Besonders Preece, der damalige Leiter des englischen Telegraphenwesens, nahm sich der Sache gründlich an, hatte er doch beständig mit der Reparatur der Kabel zu tun, die damals die der englischen Küste vorgelagerten bewohnten Inseln und die auf Klippen errichteten Leuchttürme mit dem Festland verbanden, denn alle paar Monate war so ein Kabel durchgescheuert und damit stumm. Aber die Bemühungen, auf diesem Wege den Draht zu beseitigen, waren erfolglos. Über 5 bis 6 Kilometer Reichweite kam man selbst im günstigsten Falle nicht hinaus. Und dazu gehörten so kostspielige Anlagen, daß die Leitung immer noch billiger war.

Man sollte glauben, die Hertzsche Entdeckung hätte auf diesem vorbereiteten Boden wie eine Bombe einschlagen müssen. Nichts dergleichen! Ein Ingenieur Huber aus München scheint der erste gewesen zu sein, der die Bedeutung der Sache ahnte, denn er schrieb um 1889 einen Brief an Hertz mit der Frage, ob sich auf seine Entdeckung nicht eine leitungslose Telegraphie aufbauen ließe. Hertz antwortete verneinend — und er hatte recht. Die Wellen, die er mit seinen Laboratoriumsapparaten erzeugen konnte,

waren sehr schwach und pflanzten sich daher nur auf geringe Entfernungen fort. Und die Empfangseinrichtung, der Resonator, war so wenig empfindlich, daß sich auch damit praktisch nichts anfangen ließ.

So blieb die große Entdeckung, wie so viele andere, vorerst ungenützt. Bis einige kleine Ergänzungen hinzukamen, die die größten technischen Mängel beseitigten. Das war zunächst ein sehr empfindlicher Empfangsapparat, der sog. Fritter, erfunden von Branly im Jahr 1890, der den Resonator ersetzte. Des weiteren ein verbesserter Sender, bestehend aus einer

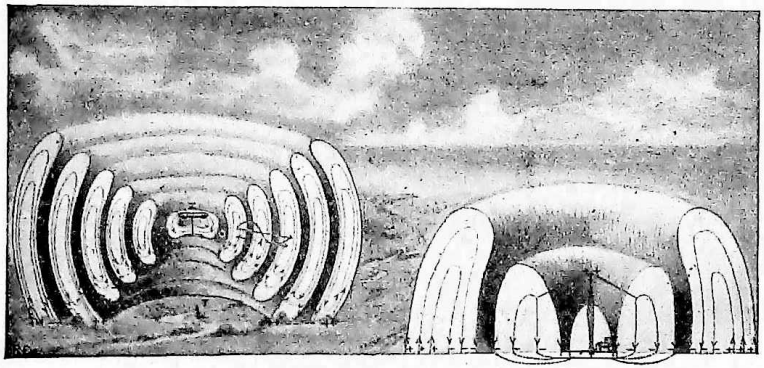


Abb. 5. Schematische Darstellung der Fortpflanzung elektrischer Wellen von einem Luftschiffsender Z und einer Landstation mit Schirmantenne W aus. Man beachte, daß den Turm T senkrecht unter dem Luftschiff keine Wellen treffen. Die inneren der von jedem Sender ausstrahlenden Kraftlinienwirbel, die in Wirklichkeit unsichtbar sind, sind hier im Durchschnitt so gezeichnet, wie wenn sie einen Augenblick greifbare Gestalt angenommen hätten. Nach einem Entwurf von M. Dieckmann.

von Righi (1893) erfundenen Funkenstrecke, die sehr kräftige Funken, d. h. intensive Schwingungen und damit weitreichende Wellen liefert. Schließlich die Einführung der Antenne (durch Popoff 1895), in der einfachsten Form ein langer, hoch in die Luft hinaufgereckter, mit dem Sender, bzw. dem Empfänger verbundener Draht, der die Ausstrahlung, bzw. die Aufnahme der Wellen begünstigt.

Das Merkwürdige ist, daß keine dieser Vervollkommnungen im Hinblick auf eine Wellentelegraphie ersonnen wurde. Righi und Branly studierten den elektrischen Funken und bauten ihre Apparate für diesen Zweck. Popoff untersuchte das Wesen der Gewitterelektrizität und benützte seine Antenne, die nichts als ein

vergrößerter Blitzableiter war, um die atmosphärische Elektrizität seinen Apparaten zuzuleiten.

Nichtsdestoweniger war mit diesen drei Erfindungen und der Hertzschen Entdeckung alles beieinander, was man zur Telegraphie mit elektrischen Wellen brauchte. Wer das als erster erkannte, brauchte nur zuzugreifen, und eine große Erfindung fiel ihm in den Schoß.

Der Glückspilz, der die reife Frucht brach, hieß Guilelmo Marconi, damals ein junger Student, als Schüler Righis mit dessen Untersuchungen über elektrische Wellen und natürlich auch mit den Hertzschen Forschungen vertraut und als Sohn eines italienischen Senators vermögend genug, in seinen Mußestunden

.—	a	....	h	—.	n	—	t
—...	b	..	i	———	o	..—	u
—.—.	c	.———	j	.——.	p	...—	v
—..	d	—.—	k	——.—	q	.——	w
.	e	.—..	l	.—.	r	—..—	x
..—.	f	——	m	...	s	—.——	y
——.	g					——..	z

Abb. 6. Morsezeichen.

daheim entsprechende Versuche anzustellen. Dabei kam er eines Tages — im Jahre 1896 war es — auf den Gedanken, daß man ja nur die Funken im Rhythmus der Morsezeichen — jener aus Punkten und Strichen, d. h. kürzeren und längeren Stromstößen, zusammengesetzten Buchstabenschrift der Drahttelegraphie (vgl. Abb. 6), zu erzeugen und den Empfänger so einzurichten brauche, daß die dort im gleichen Rhythmus entstehenden Fünkchen einen Morseapparat — der diese Zeichen als Striche und Punkte auf einem sich abrollenden Papierstreifen niederschreibt — betätigen, um sofort in der üblichen Weise telegraphieren zu können, nur mit dem Äther als Brücke oder Leitung.

Aus dieser Idee entstand nach kurzem Pröbeln die erste Station zur Wellentelegraphie, deren Einrichtung Abb. 7 in einfachster Form verdeutlicht. In der Sendestelle links steht der aus einer Batterie gespeiste Funkeninduktor mit der Funkenstrecke K, der durch die Morsetaste betätigt wird. Beim Drücken der Taste springt in der Funkenstrecke ein Funkenstrom über. Die dadurch hervorgerufenen elektrischen Wellen werden durch die Antenne A ausgestrahlt. Sich mit Lichtgeschwindigkeit nach allen Richtungen des Raumes ausbreitend, treffen sie auch auf die Empfangsantenne B,

in der sie — zurückverwandelt — elektrische Schwingungen erzeugen. Diese Schwingungen wandern durch den Fritter, ein Glasröhrchen, in dem sich in geringem Abstand zwei Metallkölbchen gegenüberstehen, verbunden durch locker geschichtetes Metallpulver. Dieser Apparat bildet einen Bestandteil des von der Empfangsbatterie gespeisten Stromkreises, der den Morseschreiber M enthält. Solange keine Wellen die Antenne treffen, ist dieser Stromkreis

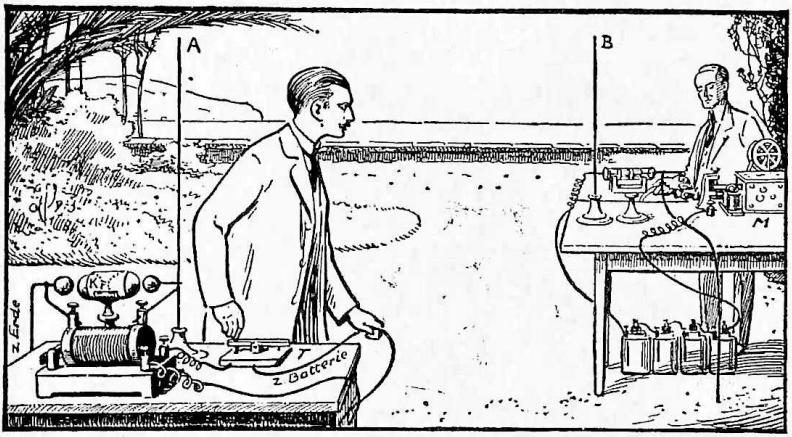


Abb. 7. Vereinfachte Darstellung des ersten Versuchs zur Wellentelegraphie durch Marconi. Der Funkeninduktor entlädt sich über die Funkenstrecke K, und zwar im Rhythmus der mit der Taste T gegebenen Morsezeichen (vergl. Abb. 6). Die überspringenden Funken erregen in der Antenne A Schwingungen, die sich loslösen und sich nach allen Seiten ausbreiten. Dabei treffen sie auf die Antenne B, in der sie sich wieder in elektrische Schwingungen verwandeln. Sie rufen dabei im Fritter winzige Fünkchen hervor, die den Fritterstaub aneinander schweißen und dadurch den Stromkreis der den Morseapparat M speisenden Batterie schließen. Der Morseapparat spricht infolgedessen an und schreibt einen Punkt oder Strich, je nachdem man die Taste T längere oder kürzere Zeit drückt. Arbeitet der Funkeninduktor nicht, so entstehen auch keine Fünkchen im Fritter, und der Morseapparat schreibt nicht. In der Zeichnung sind alle Nebenapparate weggelassen; die Größe einzelner Teile ist im Interesse der Deutlichkeit übertrieben.

im Fritter unterbrochen, weil der Batteriestrom das lockere Metallpulver seines hohen Widerstands wegen nicht passieren kann. Der Morseapparat spricht also nicht an. Sobald aber die von der Antenne aufgenommenen Wellen den Fritter durchpulsen, ändert sich die Sache. Jede Welle ruft zwischen den Metallstäubchen — genau wie im Hertzschen Resonator — winzige Fünkchen hervor, die die Teilchen leicht miteinander verschweißen. Daher bildet der Fritter jetzt eine leitende Brücke, und der Strom der Empfangsbatterie kann durch den Morseschreiber fließen, der also anspricht und sein Farbrädchen gegen den abrollenden Papierstreifen preßt,

um sein Zeichen — einen farbigen Strich — zu schreiben. Die Brücke bleibt aber nur so lange bestehen, als die Antenne von elektrischen Wellen getroffen wird. Sobald die Sendestation keine Funken mehr springen läßt, zerbricht die Brücke im Fritter, der Empfänger wird stromlos, und das Zeichen reißt ab. Daß man auf diese Weise durch kürzeres oder längeres Tastendrücken auf der Sendestelle im Empfänger kürzere oder längere Striche auf dem Streifen erhält, ist ohne weiteres verständlich. Diese Elemente bilden — entsprechend zusammengesetzt — die schon erwähnten Morsezeichen, mit denen sich, genau wie mit den Buchstaben unserer Schrift, alles, was wir einem andern zu sagen haben, mühelos ausdrücken und wiedergeben läßt.

8.

Die Erfindung war da. Nun hieß es, sie in die Praxis einzuführen. Auch dabei war dem jungen Erfinder das Schicksal hold. Er hatte von den Versuchen Preeces gehört (siehe Seite 18), erkannte, welche Bedeutung das neue Verfahren für diesen Mann haben müsse, und schrieb ihm kurz entschlossen. Begeistert von dieser Möglichkeit zur Verwirklichung seiner Pläne, erbot sich Preece sogleich, Marconi kräftig zu unterstützen. So ging der Erfinder nach England, und hier fanden im Mai 1897 zwischen der Küste von Wales und der ihr vorgelagerten Insel Flatholm die denkwürdigen Versuche statt, deren Ergebnis Marconis Namen bald darauf durch alle Länder trug.

Slaby, einer der deutschen Pioniere der Wellentelegraphie, hat uns die Erinnerung daran in seinen „Entdeckungsfahrten" aufbewahrt. „Auf der etwa 20 m hohen Klippe von Lavernock Point," erzählt er, „eine Stunde von dem freundlichen Badeort Penarth entfernt, war ein 30 m hoher Mast errichtet. Von dessen Spitze führte der als Antenne dienende Kupferdraht zu einem Pol des Empfängers. Der andere Pol war durch ein langes Drahtseil, die Klippe hinunter, mit dem Meer verbunden. Mitten im Kanal, 5 km entfernt von Lavernock Point, liegt das kleine Eiland Flatholm, auf seinen hohen Klippen mit Kanonen gespickt, zugleich der Standort eines Leuchtturms. Dort war der Sendeort. In einem Bretterhäuschen stand der Strahlapparat (= Funkenstrecke) mit einem verhältnismäßig kleinen Induktor, von einem achtzelligen Akkumulator gespeist." Die Funkenstrecke war einerseits

mit einem 30 m hohen Luftdraht, andererseits mit dem Meere verbunden. „Am ersten Versuchstag wurden zwei mehrere Kilometer lange Drähte auf beiden Seiten über die Klippe gelegt, um nach dem älteren Verfahren von Mr. Preece eine Verbindung mit Fernsprechern herzustellen, was nach kurzer Zeit gelang. Am zweiten Tage sollte nach Marconis Verfahren telegraphiert werden. Zunächst gelang es überhaupt nicht, Zeichen zu erhalten. Man schrieb die Schuld den eisernen Drahtseilen zu, die den Mast hielten und den Empfangsdraht wie einen Käfig umgaben. Als man den Empfangsdraht am andern Tage um etwa 20 m verlängerte, um den Empfänger seitlich vom Mast entfernt aufzustellen, kamen die ersten, aber noch undeutlichen Zeichen. Der volle Erfolg war aber erst am nächsten Tage vorhanden, nachdem man mit dem Empfangsapparat hinunter an den Strand gezogen war und damit die wirksame Länge des Drahtes fast verdoppelt hatte. Es wird mir eine unvergeßliche Erinnerung bleiben, wie wir — des starken Windes wegen in einer großen Holzkiste zu fünfen übereinander gekauert, Augen und Ohren mit gespanntester Aufmerksamkeit auf den Empfangsapparat gerichtet — plötzlich nach Aufhissung des verabredeten Flaggenzeichens das erste Ticken, die ersten deutlichen Morsezeichen vernahmen, lautlos und unsichtbar herübergetragen von jener felsigen, nur in undeutlichen Umrissen wahrnehmbaren Küste, herübergetragen durch jenes unbekannte geheimnisvolle Mittel, den Äther, der die einzige Brücke bildet zu den Planeten des Alls."

9.

Für Marconi brachen bald nachher goldene Zeiten an. Einige wohlgelungene Versuche, auf dem neuen Wege mit Schiffen auf hoher See zu verkehren, genügten den praktischen Engländern, den Wert der Wellentelegraphie vor allem für ihre Schiffahrt zu erkennen, und rasch war das Geld zur Gründung einer Marconi-Gesellschaft beisammen, die des Erfinders Patente kaufte, den weiteren Ausbau der Sache finanzierte und die Erstellung von Land- und Schiffsstationen in Angriff nahm. Auch in Deutschland war man nicht müßig geblieben. Slabys Bericht hatte die Aufmerksamkeit der Militärbehörden und des Kaisers geweckt, der Slaby die Mittel zu eigenen Versuchen zur Verfügung stellen ließ. Slaby ging dabei vor allem auf gründliche Erforschung der ganzen Vorgänge

aus, um auf diese Weise die günstigen Betriebsbedingungen zu ermitteln. Was von seinen Ergebnissen bekannt wurde, zeigte bald, daß die deutsche Gründlichkeit wieder einmal auf dem Wege war, der deutschen Technik einen Sieg zu sichern. Und als sich schließlich die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft entschloß, die Patente, die Slaby inzwischen auf seine Marconis primitive Einrichtung weit übertreffende Apparatur genommen hatte, zu erwerben, um gleichfalls den Bau von Schiffsstationen aufzunehmen, wußte die Marconi-Gesellschaft zur Verteidigung ihres bis dahin unbestrittenen Monopols nichts Klügeres zu tun, als allen von ihr gebauten Stationen vertraglich zu verbieten mit Stationen anderer Systeme in Verkehr zu treten. Da damals schon viele Schiffs- und eine Anzahl Küstenstationen nach Marconis System bestanden, war das ein schwerer Schlag für die AEG. Denn was sollte ein Schiff mit einer deutschen Station beginnen, wenn von den drahtlos erreichbaren fremden Schiffen 99% ihm nicht antworteten, weil sie Marconistationen hatten. Ebensogut konnte es ohne Funkstelle fahren, denn die Verkehrsmöglichkeit war auf die wenigen Schiffe, die damals deutsche Stationen hatten, beschränkt.

Wie streng die Engländer dieses Verkehrsverbot durchführten, zeigt eine kleine Episode aus jener Zeit, die sich an die Person Wilhelms II. knüpft. Im Jahre 1905 unternahm der Kaiser an Bord des Dampfers „Hamburg" eine Mittelmeerfahrt. Auf seinen besonderen Wunsch war das Schiff durch die AEG mit einer Funkstelle ausgerüstet worden. Als die „Hamburg" durch die Nordsee fuhr, wollte der Kaiser einige Telegramme u. a. an die Kaiserin aufgeben, und zwar durch Vermittlung der von der Marconi-Gesellschaft gebauten Küstenfunkstelle Borkum, damals der einzigen deutschen Landstation. Aber Borkum weigerte sich auf Grund des im Bauvertrag enthaltenen Verkehrsverbots, die Telegramme aufzunehmen. Sie konnten nicht abgeschickt werden, und die Funkstation der „Hamburg" trat während der ganzen Reise nicht in Tätigkeit.

10.

Auf die Dauer waren diese Praktiken indessen nicht durchführbar, denn die Überlegenheit der deutschen Apparate machte sich allmählich geltend, und schließlich war die Marconi-Gesellschaft gezwungen, mit der AEG Frieden zu schließen, wenn sie nicht technisch zu

weit zurückbleiben wollte. Dieser erste Sieg des deutschen Systems war vor allem das Werk von vier Männern, die unablässig am Ausbau der jungen Radiotechnik tätig waren, und zwar zum Teil unabhängig voneinander, nur dem gleichen Ziel ergeben. Das war zunächst Prof. A. Slaby mit seinem damaligen Assistenten, dem späteren Erbauer der Großstation Nauen, dem Grafen von Arco, dann Prof. F. Braun in Straßburg und schließlich der Würzburger Physiker Prof. Max Wien. Die beiden Hauptauf-

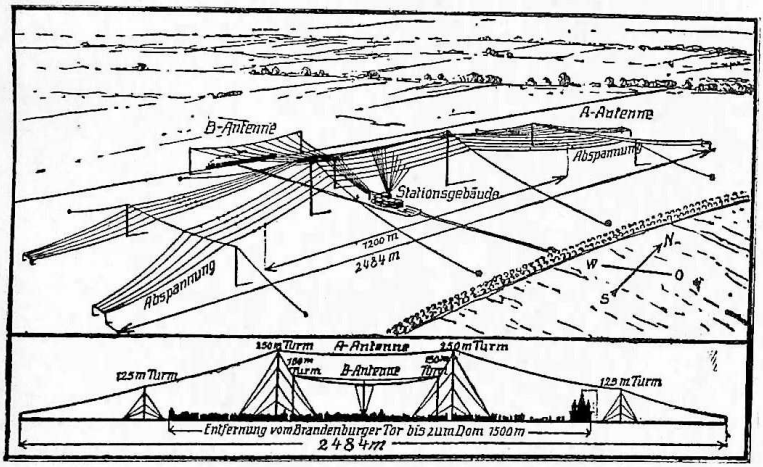


Abb. 8. Das Antennensystem der Großstation Nauen. Das als A-Antenne bezeichnete Doppelnetz ist für den Überseeverkehr bestimmt, die B-Antenne dient zur Abwicklung des Europaverkehrs. Man beachte das Größenverhältnis zwischen den Antennensystemen und den Stationsgebäuden.

gaben, die sich ihnen boten, hießen: Vergrößerung der Reichweite und Abstimmung der Stationen aufeinander, damit jede Station ungestört von allen anderen mit ihrer jeweiligen Partnerin arbeiten kann. Die Vergrößerung der Reichweite suchte man zunächst durch Konstruktion empfindlicherer Empfänger zu erreichen. Branlys Fritter wurde abgeschafft; an seine Stelle trat der Detektor, ein Sammelname für eine ganze Gruppe einander ähnlicher Apparate, die sämtlich imstande sind, die von der Empfangsantenne aufgenommenen Wellen in elektrische Ströme umzuformen und so den Empfänger zu betätigen. Auf der Sendeseite ging man dem gleichen Problem dadurch zu Leibe, daß man immer stärkere Batterien nahm, um so die ausgestrahlte Energiemenge zu erhöhen.

Dabei stieß man jedoch bald auf eine unüberschreitbare Grenze, denn je mehr man die auf einen Sender und die damit verbundene Antenne wirkende Energie steigert, desto höher steigt die Antennenspannung, bis schließlich an der Antenne sog. Glimmentladungen, im Dunkeln sprühenden Lichtbüscheln gleichend, auftreten, in denen die zugeführte Energie nutzlos verpufft. Ob dieser Zustand in einem gegebenen Sendesystem früher oder später auftritt, hängt von der Größe der Antenne ab; je größer sie ist, desto größere Energiemengen kann sie aufnehmen und wirksam ausstrahlen. Die Aufnahmefähigkeit oder Kapazität des ursprünglich als Antenne benutzten, senkrecht ausgespannten Drahtes kann man nur dadurch steigern, daß man ihn länger macht. Da dieses Mittel aber aus praktischen Gründen nicht weit reicht, ging man bald dazu über, an Stelle des Einzeldrahtes mehrere zu verwenden, die man in Form einer Leier, eines Schirmes, in Kegelform usw. ausspannte. Aus diesen immer noch einfachen Antennen sind die sich über Kilometerlängen erstreckenden, auf hohen Stahltürmen ruhenden Antennennetze der modernen Großstationen entstanden, für die Abb. 8 ein anschauliches Beispiel gibt. Diese Drahtsysteme, deren Richtung im Raum in gewissem Sinne die Richtung der ausgestrahlten Wellen bestimmt, sind imstande, ganz gewaltige Energiemengen aufzunehmen, die nicht mehr von Batterien, sondern von großen Dynamos geliefert werden. In Nauen z. B. beträgt die Antennenleistung, d. h. die von der Antenne ausgestrahlte Energie, bei der B-Antenne 150, bei der A-Antenne 400 Kilowatt. Eine gewöhnliche 50kerzige Metallfadenlampe verbraucht, rund gerechnet, 50 Watt, so daß 1 Kilowatt (= 1000 Watt) für 20 Lampen genügt. 400 Kilowatt können demnach eine kleine Stadt erhellen.

11.

Die Rolle, die die Antenne bei der Ausstrahlung der Wellen spielt, ist uns bisher ziemlich passiv erschienen. In Wirklichkeit steht die Sache indessen durchaus nicht so, denn wir haben bis jetzt einen wichtigen Punkt vernachlässigt: die Tatsache, daß die mechanischen und elektrischen Eigenschaften des Luftleiters die in ihm entstehende Wellenlänge bedingen. Auf Einzelheiten brauchen wir auch hier nicht einzugehen. Es genügt, wenn wir uns merken, daß die Wellenlänge, die ein gegebener Luftleiter ausstrahlt, unter normalen Umständen gleich seiner vierfachen Eigenlänge (ermittelt

bei zusammengesetzten Antennen durch Addition der Länge aller Einzeldrähte) ist, so daß also z. B. eine 300 m lange Antenne normal 1200-Meter-Wellen ausstrahlt. Durch einfache regelbare Apparate, die man zwischen Antenne und Funkenstrecke schaltet (Verlängerungsspule und Verkürzungskondensator), läßt sich indessen die Länge der ausgestrahlten Welle beliebig verändern. Dadurch erhält jede Station die Möglichkeit, innerhalb gewisser weit gespannter Grenzen Wellen ganz verschiedener, in regelmäßiger Folge abstufbarer Länge auszustrahlen, und natürlich — da für die Empfangsantenne das gleiche gilt — auch aufzunehmen. Diese Einrichtung gestattet, die Empfangsstation auf die mit ihr arbeitende Sendestelle „abzustimmen" und sie gegen fremde „störende" Wellen zu „verriegeln"; der Empfänger spricht nämlich nur auf die Wellen an, auf die die Antenne eingestellt ist.

Heute ist man in dieser Beziehung ziemlich weit gekommen. Daß es vor kurzem noch anders war, so sehr, daß der ganze Verkehr dadurch lahmgelegt werden konnte, zeigte eine von Hauptmann Meydam in der „Telefunken-Zeitung" erzählte Episode aus dem Kriegsbetrieb in der Station Nauen, deren Funksprüche die Feinde immer aufzufangen strebten. Wenn das nicht gelang, suchte man den Betrieb nach Möglichkeit dadurch zu stören, daß man mit stärkeren Wellen dazwischenfunkte. Die Funkstation Pola, der bekannte österreichische Kriegshafen, hatte damals an Stelle des alten Marconischen Knall- oder Knarrfunkensenders (so genannt wegen der knarrenden Funkenentladungen) eine neue Sendeeinrichtung nach dem sogenannten System der tönenden Löschfunken bekommen. Dieser Tonfunkensender sollte im Verkehr mit Nauen auf seine Reichweite ausprobiert werden. Zur Vornahme dieser Versuche hatte die Militärbehörde einige Feldfunker, darunter auch den Erzähler, damals Leutnant, und einen Oberleutnant, kurzweg „Premier" genannt, nach Nauen geschickt. „Wir saßen alle da," schreibt Meydam, „wie Funker zu sitzen pflegen: den Hörer am Ohr,*) Bleistift in der rechten Hand, Zigarre im Mund-

*) Die Aufnahme der übermittelten Zeichen mit Morseschreibern hatte sich schnell für größere Reichweiten als zu umständlich erwiesen. Der Schreibempfang wurde deshalb durch den Hörempfang ersetzt, bei dem man die ankommenden Morsezeichen mit Fernhörern als knackende Laute abhorcht. Heute ist die Entwicklung wieder im Begriff, zum Schreibempfang zurückzukehren, jedoch mit verbesserten Apparaten, die z. T. die Stromstöße gleich in Druckschrift umsetzen.

winkel und die Linke am Kondensator, und erwarteten Polas Antwort auf unseren Anruf. Pola kam auch, aber gleichzeitig kam jemand anders, und der konnte es leider besser, nämlich der Eiffelturm.*) Zufall, dachten wir uns und riefen wieder. Dasselbe Bild! Nanu? Nochmal gerufen und dazu: ‚Nehmt mehr Energie, Eiffelturm stört.‘ — Umschalten, horchen, Pola fängt an und dann — rumms Eiffel ..... Nach einer Weile hörte Eiffel auf und Pola kam wieder: ‚Eiffel stört. Nehmen jetzt den Roller. Servus‘. Der Anfang war klar, der Schluß war klar, aber der ‚Roller‘ stand nicht in unserer FT-Vorschrift! Die kannte ich nämlich, denn der Hauptmann legte Wert darauf. Ganz abgesehen davon, daß ich nicht wußte: war das nun eine Aufforderung, wir sollten den Roller nehmen, oder hieß das, sie würden ihn nehmen? Den Teufel auch: das österreichische Dolmetscherexamen hatte keiner von uns gemacht!

„Die Aufklärung folgte in ganz kurzer Zeit: rerr, rerr, rerr, rerr, fing das Telephon an zu rollen: Anfangszeichen — unser Anruf — von Pola, alles stimmte. Und ‚Natürlich‘, rief unser Premier: ‚Den Roller hat er genommen. Die haben außer der tönenden noch ’ne Knarrfunkenanlage.‘

„Man lernt nie aus,“ philosophierte ich, „Knarren heißt auf österreichisch also rollen. Nu wenn schon.“

„Lange dauerte leider die ‚Rollerfreude‘ nicht, denn der Eiffelturm hatte die Kunstpause ebenfalls gut benützt und ‚rollte‘ uns nun seinerseits dazwischen, daß Pola nicht mehr dagegen aufkam und nach einigen vergeblichen Verständigungsversuchen aufhörte. Wir waren am Rande unserer Kunst, die Funker feixten, der Ingenieur goß für alle Fälle Schnaps ein, und ich entfernte die zerbrechlichen Gegenstände aus des Premiers Nähe. Er aber dachte nach, lächelte, lachte dann, und sagte zu mir: ‚Sind Sie Humanist?‘ Ich beschloß, ihn nicht erst durch Fragen nach Vernunftsgründen zu reizen, und antwortete kurz und militärisch ‚Jawohl!‘ — ‚Können Sie Griechisch?‘ — Mein dicker Onkel aus Neidenburg in Ostpreußen sagte mir als Fahnenjunker, daß Frechheit das halbe Leben sei und daß man als Leutnant alles könne. Ich sagte also — blaß, aber bis zum äußersten entschlossen: ‚Griechisch? — Jawoll!‘

*) Die französische Großstation Eiffelturm, die für Frankreich etwa dieselbe Rolle spielt wie Nauen für Deutschland.

„Schön," sagte Premier, „was heißt höher?"

„Hoch? — Ach so, das ist ja das komische Wort, das hoch und tief bedeutet, das ich daher noch weiß, also: Hoch heißt bathys und höher bathyteron!"

„Gut, nu passen Sie Achtung. Griechisch lernen die Franzosen sicher nicht auf der Penne, aber die Bundesbrüder können ja meist alle Sprachen." Sprach's, griff zur Taste und funkte 4—5mal hintereinander, „Pola von Nauen. Lambda bathyteron 450, Lambda bathyteron 450."*) „Und war es schon komisch, daß der Premier auf diesen Ausweg kam, so war es noch komischer, daß tatsächlich nach 4—5 Minuten Pola erst auf dem Roller und dann tönend uns antwortete, genau um 450 Meter höher. — Das Komischste aber — und deswegen ist mir die Sache so unvergeßlich — war denn doch, daß nach weiteren 10 Minuten plötzlich der Eiffelturm mit wilden Störzeichen dazwischen hieb, die er nach einem wahren Höllenradau von etwa 3 Minuten in die ironische Anerkennung ‚Vous parlez donc le grec? Bravo, bravo, bravo!' ausklingen ließ, womit er dann zur allgemeinen Befriedigung seine höchst unnütze Tätigkeit für diese Nacht einstellte."

Die kleine Erzählung weist übrigens noch auf ein anderes Problem hin, das mit dem „Stören" eng zusammenhängt: auf die Tatsache, daß es mit dem Telegrammgeheimnis in der Wellentelegraphie nicht weit her ist, weil jede Station, die sich die Mühe nimmt, sich auf die Wellenlänge eines fremden Senders einzustellen, alle Botschaften, die er gibt, mithören kann. Früher gab es zur Beseitigung dieses Übels nur den oben angedeuteten Weg, die Wellenlänge nach einem bestimmten Schlüssel fortwährend abzuändern (so daß der fremde Horcher über dem Versuch, die Änderungen mitzumachen, den Faden verlor) oder die Telegramme chiffriert (in einer Geheimsprache) zu geben. Heute ist man auf diesem Gebiet weiter gekommen und hat die Wahrung des Telegraphengeheimnisses, trotzdem man die Botschaft wörtlich „in alle Winde" schreit, in praktisch genügendem Maße er-

*) Der griechische Buchstabe Lambda (λ) ist in der Physik die Bezeichnung für Wellenlänge. Die kürzeste elektrische Welle, die je erzeugt worden ist, hat eine Wellenlänge von 2 mm; nach oben steigt die Wellenlänge bis auf 12000 m und mehr. In der Wellentelegraphie wurden anfänglich Wellen von 300—3000 m verwendet; heute arbeiten die Großstationen meist mit 6000- bis 12000-m-Wellen. Die obige Aufforderung hieß also einfach: Pola solle eine 450 m längere Welle als vorher zum Senden nehmen.

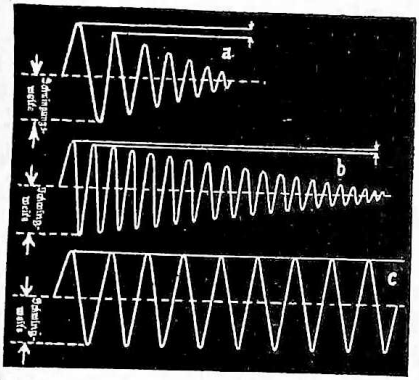
reicht. Erstens gibt es Einrichtungen, die das Chiffrieren und das Umschreiben in die gewöhnliche Sprache am Sende- und Empfangsort selbständig besorgen; zum andern arbeiten die stark beschäftigten Großstationen nicht mehr mit Hand-, sondern mit Maschinenbetrieb, mit sog. Schnelltelegraphen, bei denen die Zeichen so rasch aufeinander folgen, daß man sie nur mit den entsprechenden Empfangsapparaten, nicht mehr mit dem Ohr, aufnehmen kann. Dadurch sind alle Stationen, die die richtigen Empfänger nicht besitzen, von der Aufnahme ausgeschaltet. Schließlich kommt hinzu, daß es inzwischen gelungen ist, das Ideal einer „gerichteten" Wellentelegraphie, bei der die Wellen nur nach einer bestimmten Richtung, nicht nach allen Seiten, ausgestrahlt werden, ziemlich zu erfüllen. Darauf basiert die heutige Form des Übersee-Funkverkehrs, bei dem Nauen z. B. zu bestimmten Stunden mit einer ganz bestimmten Gegenstation und keiner andern arbeitet. Die weitere Entwicklung geht, wie wir sehen werden, darauf hinaus, die Sendestellen so einzurichten, daß sie durch das Mittel der gerichteten Telegraphie zur gleichen Zeit nach verschiedenen Richtungen sprechen, also mit einer ganzen Anzahl Gegenstationen arbeiten können.

12.

Eine Station, die auf eine andere abgestimmt ist, steht mit ihr in Resonanz. Der Ausdruck ist aus der Akustik entlehnt, wo er das Mitschwingen eines Körpers bezeichnet, das eintritt, wenn seine Eigenschwingung mit der auf ihn einwirkenden Schwingung übereinstimmt. So beginnt z. B. die E-Saite eines Klaviers zu tönen, wenn man den ihr entsprechenden Ton in das Instrument hineinsingt, während sie stumm bleibt, wenn ein anderer Ton gesungen wird. Ist's der richtige Ton, so erklingt die Saite schon, wenn er nur ganz schwach ertönt, und sie schwingt immer stärker, wenn man den schwachen Ton lange anhält, weil jede neu eintreffende Schwingung die Wirkung der vorangegangenen erhöht. Es ist genau so wie beim Schaukeln. Mit ganz geringer Kraftanstrengung vermag man eine stark beschwerte Schaukel in kräftige Schwingungen zu versetzen, wenn man die Stöße genau in demselben Rhythmus einwirken läßt, in dem die Schaukel selber schwingt. Die schwachen Einzelwirkungen addieren sich, und wir erhalten schließlich einen großen Endeffekt.

Im Gegensatz zu diesem die Resonanzerscheinungen ausnützenden „Additionsprinzip" steht das rohe Verfahren, eine bestimmte Klaviersaite etwa dadurch zum Schwingen zu bringen, daß man mit einem Hammer auf den Deckel des Instruments schlägt oder eine Pistole daneben abfeuert. Gewiß: auch dann wird die Saite schwingen, aber erstens nicht sehr stark und zweitens im Verein mit allen andern, denn durch einen derartigen Schlag oder Knall wird ein ganzes Gewirr von Schallschwingungen erregt, von denen jede die ihr entsprechende Saite beeinflußt.

Dieser brutalen „Stoßerregung" entspricht in der Wellen-



Starke Dämpfung zwischen jeder Schwingung, daher schnelle Abnahme der Schwingungsweite, entsprechend der Ausstrahlung sehr verschieden langer Wellen, die keine Abstimmung ermöglichen.

Schwache Dämpfung zwischen jeder Schwingung, daher langsame Abnahme der Schwingungsweite, entsprechend der Ausstrahlung von Wellen wenig verschiedener Länge, die eine recht gute Abstimmung ermöglichen.

Keine Dämpfung zwischen den Schwingungen, daher keine Abnahme der Schwingungsweite und Ausstrahlung nur einer einzigen, völlig konstanten Welle, die schärfste Abstimmung und Additionsempfang ermöglicht.

Abb. 9. Graphische Darstellung der drei in der Wellentelegraphie benützten Wellenarten. a stark gedämpfte Wellen (Marconi), b schwach gedämpfte Wellen (Braun und Löschfunken), c ungedämpfte Wellen (Lampensender, Hochfrequenzmaschine, Röhrensender).

telegraphie das Marconisystem. Die Schwingungen, die die Funkenentladung einer Marconistation erregt, sehen graphisch dargestellt so aus, wie es Abb. 9a zeigt, d. h. die ihnen entsprechenden Wellen nehmen an Stärke rasch ab und ersterben nach ganz kurzer Frist. Das Marconisystem liefert sog. *stark gedämpfte* Wellen, die noch dazu in sehr großen Pausen aufeinander folgen, denn es vergeht immer eine gewisse Zeit, ehe sich im Funkenkreis wieder so viel Elektrizität angesammelt hat, daß eine neue Funkenentladung stattfinden, d. h. ein neuer Wellenzug ausstrahlen kann. Mit derartigen Wellen ist ein rationeller Funkbetrieb unmöglich, denn erstens lassen sich größere Entfernungen damit nur bei Aufwendung unverhältnismäßig großer Energiemengen überbrücken, weil die Wirkungen der einzelnen Wellenzüge angesichts der langen Zwischenpausen sich nicht addieren

können, und zweitens fehlt es an der Abstimmung, weil nicht eine einzige konstante Welle, sondern ein Gewirr von Wellen aller möglichen Schwingungsweiten ausgestrahlt wird. Der Beseitigung dieser Mängel war die Arbeit Slabys und F. Brauns gewidmet, deren System der gekoppelten Schwingungskreise gegenüber Marconi ein ungeheurer Fortschritt war. Ihre Ergebnisse wurden von Wien durch Einführung einer neuartigen Funkenstrecke noch weiter verbessert. So entstand durch die vereinigte Arbeit vieler dank der lebhaften Unterstützung der deutschen Elektroindustrie das das alte Marconisystem turmhoch überragende deutsche „Telefunken"-System, zu dessen Verwertung von der A. E. G. und der Siemens & Halske-A.G. zusammen mit den schon genannten Erfindern die „Gesellschaft für drahtlose Telegraphie" gegründet wurde. Die Großstation Nauen und die ganze glänzende Entwicklung der deutschen Radiotechnik ist zum allergrößten Teile deren Werk.

13.

Mit den Erfindungen Slabys, Brauns und Wiens war die Reihe der Verbesserungen nämlich nur begonnen, nicht beendet. Das Ergebnis ihrer Arbeit lief hauptsächlich darauf hinaus, daß man an Stelle der stark gedämpften Wellen Marconis schwach gedämpfte erhielt (vgl. Abb. 9 b), die einesteils die Überbrückung größerer Entfernungen, andernteils eine verhältnismäßig scharfe Abstimmung ermöglichten, in beiden Punkten das Ideal indessen längst nicht erreichten, das im Additionsprinzip (s. S. 31) verkörpert ist. Nur dann, wenn eine Addition der ankommenden Schwingungen erfolgt, ist man sicher, mit der gegebenen Energie die größte mögliche Wirkung zu erzielen. Daß damit von selbst eine Erstreckung der Reichweite verbunden ist, liegt auf der Hand, denn die Addition läßt ja im Empfänger Energiemengen zur Wirkung kommen, die einzeln ganz unbemerkt bleiben würden, weil kein Empfangsgerät fein genug ist, darauf anzusprechen.

Die Erfüllung dieser Forderungen ist nur mit ungedämpften Wellen möglich, deren Wesen Abb. 9 c verdeutlicht. Es sind Schwingungen von stets gleichbleibender Stärke, die unablässig, — ohne jede Pause — aufeinander folgen. Sie entsprechen — um ein Beispiel aus der Mechanik zu brauchen — den stets gleichbleibenden Ausschlägen des Pendels einer Uhr, bei der die den Aus-

schlag vermindernde Reibung an der Luft, in den Lagern usw. durch Nachlieferung von Energie aus der gespannten Feder sofort ausgeglichen wird, während die gedämpften Wellen den Schwingungen eines einfachen Pendels gleichen, das — einmal angestoßen — unter dem Einfluß der Reibungsverluste immer kleinere Schwingun-

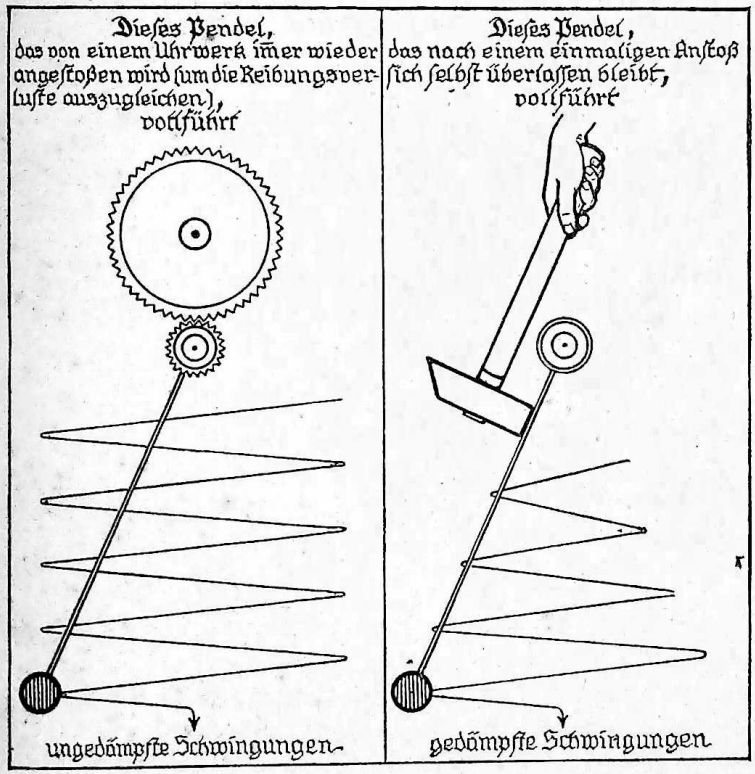


Abb. 10.

gen macht, bis es schließlich zum Stillstand kommt. Dieser Vergleich, in Abb. 10 bildlich wiederholt, zeigt uns, welcher Weg einzuschlagen ist, um ungedämpfte elektrische Wellen zu erhalten. Man darf die Schwingungen nicht durch Stoßerregung (also durch elektrische Funken) hervorrufen, denn Funkenentladungen bedingen immer Pausen, in denen die sich im Funken ausgleichende Elektrizität sich ansammeln kann, sondern man braucht ein System, dessen Schwingungskreis genau wie das Uhrwerkspendel unaufhörlich ange-

stoßen wird, dadurch, daß eine geeignete Stromquelle die ausgestrahlte Energie samt allen Verlusten (durch Leitungswiderstand usw.) augenblicklich wieder ersetzt.

Der erste, der einen Weg zu diesem Ziele wies, war der irische Physiker W. Duddel, der 1899 zeigte, daß ein mit Gleichstrom gespeister elektrischer Lichtbogen, wie er in unseren Bogenlampen brennt, in bestimmter Weise mit einer Leidener Flasche und einer Drahtspule zusammengekoppelt, ungedämpfte Schwingungen erzeugt, die sich durch einen vom Lichtbogen ausgehenden musikalischen Ton verraten. Schaltet man eine Antenne an den Lichtbogenkreis, so werden die Schwingungen in Form elektrischer Wellen ausgestrahlt, und wenn man die Antenne mittels einer Morsetaste bald längere, bald kürzere Zeit an den Schwingungskreis legt (an- und abschaltet), entsprechen die ausgestrahlten Wellenzüge den so gegebenen Morsezeichen, die der Empfänger, an dem nichts geändert zu werden braucht, auf die uns bekannte Weise wiedergibt.

Die von Duddel geschaffene Versuchseinrichtung litt noch an verschiedenen Mängeln, die sie für die Praxis unbrauchbar machten. Ihre Beseitigung gelang erst mehrere Jahre später, durch einige verhältnismäßig einfache, praktisch aber äußerst wichtige Vervollkommnungen, die den dänischen Ingenieur Valdemar Poulsen zum Vater hatten. Sein Lichtbogen- oder Lampensender war die erste Einrichtung zur Telegraphie mit ungedämpften Wellen über größere Entfernungen hinweg. Er ermöglichte zugleich — und das war das Hauptziel seines Erfinders — die drahtlose Übertragung der Sprache — die Wellentelephonie — die überhaupt nur mit ungedämpften Wellen möglich ist.

Daß man dafür gedämpfte Wellen nicht verwenden kann, sieht man sehr schnell ein, wenn man hört, daß die elektrischen Wellen die Sprechschwingungen in ganz ähnlicher Weise durch den Äther tragen wie ein Flugzeug den Flieger durch die Luft. Die Sprechschwingungen werden dadurch, daß man in ein mit der Antenne verbundenes Mikrophon spricht, den von der Antenne ausgestrahlten elektrischen Wellen aufgeprägt, die sie zum Empfänger weitertragen. Bei gedämpften Schwingungen ist das nicht möglich, denn die Schwingung erstirbt ja nach ganz kurzer Zeit. Es wäre, wenn wir unseren Fliegervergleich durchführen wollen, genau so, als wenn wir den Flug auf einem Flugzeug antreten würden, das sich —

nachdem es seinen Passagier eine kurze Strecke befördert hat — plötzlich in nichts auflöst, so daß der Reisende — heil soll er bleiben — herunterfällt und nicht weiter kann. Das Aufprägen oder „Überlagern" der Sprechlaute müssen wir uns ähnlich vorstellen, wie die Prägung einer Wachsschicht durch einen Stempeldruck. Der Stempel ist das Mikrophon, das wir ja von unsern Fernsprechern her kennen. In ihm wird jedes hineingesprochene Wort in elektrische Wechselströme umgesetzt, die auch nichts anderes als elektrische Schwingungen sind. Diese Mikrophonströme verändern die die Antenne durchpulsenden Schwingungen in ganz bestimmter Weise und rufen dadurch im Empfänger gleichartige Schwingungen hervor, die der dort eingeschaltete Fernhörer wieder als Töne — als gesprochene Worte — reproduziert. Schon während der Kriegs-

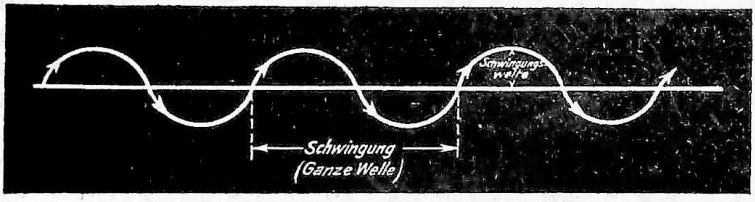


Abb. 11. Graphische Darstellung eines Wechselstroms, wie ihn die Wechselstromgeneratoren unserer Elektrizitätswerke liefern.

jahre ist es sowohl in Amerika wie in Deutschland gelungen, drahtlose Ferngespräche über 4000—5000 km Entfernung zu führen, ja, in einem Falle wurde ein zwischen der Großstation Arlington (bei Washington) und Mare Island bei San Franzisko (Entfernung etwa 4500 km) geführtes Gespräch sogar auf der 8800 km von Arlington entfernten Station Pearl Harbor (Hawai) vernommen. Hinsichtlich der Reichweite steht also die Wellentelephonie ihrer Schwester gar nicht sehr nach, wohl aber bezüglich der Betriebssicherheit, wo sie ihr noch nicht ebenbürtig ist. Wellensprechstationen dürfen nämlich nicht scharf abgestimmt sein, so daß sie vielfach Störungen durch fremde Wellen ausgesetzt sind. Erschwerend wirkt außerdem, daß man zur Einleitung des Sprechverkehrs die Empfangsstation stets erst mit Hilfe eines besonderen Senders telegraphisch anrufen muß. Ob angesichts dieser Verhältnisse die Wellentelephonie jemals die Verbreitung und die praktische Bedeutung erlangen wird, die die Wellentelegraphie heute schon besitzt, kann erst die Zukunft lehren.

14.

Ein zweiter Weg zur Erzeugung ungedämpfter Schwingungen war schon 1889, also knapp nachdem Hertz seine grundlegenden Untersuchungen beendet hatte, von Nicolaus Tesla, dem durch das Teslalicht bekannten amerikanischen Erfinder, angegeben worden, allerdings nicht im Hinblick auf die Wellentelegraphie, sondern aus anderen Gründen. Jeder weiß, daß die Elektrotechnik mit zwei grundverschiedenen Stromarten arbeitet; dem Gleichstrom, so genannt, weil er die Leitung in immer gleicher Stärke und Richtung durchfließt, und dem Wechselstrom, der sowohl Richtung wie Stärke fortwährend ändert. Beim gewöhnlichen Wechselstrom, der die Mehrzahl unserer Kraft- und Lichtnetze speist, geschieht das rund 50mal in der Sekunde, und wenn wir diesen Vorgang graphisch darstellen (vgl. Abb. 11), erhalten wir das uns vertraute Bild der ungedämpften Wellen, das uns verrät, daß auch der Wechselstrom ein Schwingungsvorgang ist, dem verwandt, der sich im Schwingungskreis eines Lampensenders abspielt. Auch die Fernwirkung fehlt nicht, denn jeder von einem solchen Wechselstrom durchpulste Leiter ruft in allen Nachbarleitern gleichartige Ströme hervor, nur daß sich diese Wirkung — Induktion nennt man sie — meistens auf sehr geringe Entfernungen erstreckt. Der Grund dafür — und darin liegt zugleich der einzige Unterschied — ist die bedeutend geringere Frequenz (s. S. 13): 50 Schwingungen in der Sekunde beim gewöhnlichen Wechselstrom gegenüber etwa 50 000 beim Lampensender.

Die naheliegende Folgerung aus dieser Feststellung ist die Frage, ob man die Frequenz eines Maschinenwechselstroms nicht gleichfalls auf ähnliche Werte steigern kann. Dann brauchte man an eine solche Maschine ja nur eine Antenne anzuschließen und könnte nach Herzenslust drahtlos telegraphieren und telephonieren. Daß diese Steigerung tatsächlich möglich ist, hat als erster Tesla bewiesen, wenn er es mit seiner Hochfrequenzmaschine — so heißt die ganze Maschinengattung — auch nur auf 5100 sekundliche Schwingungen brachte. Die zahlreichen Nachfolger, die er fand, kamen schnell weiter, und schon 1908 war in Amerika eine Maschine in Betrieb, deren Frequenz nicht weniger als 100 000 betrug. Bald erkannte man aber, daß diese Maschinen im Betriebe nicht sicher sind. Sie arbeiten mit einer ganz wahnsinnigen Um-

drehungsgeschwindigkeit und sind im Aufbau viel zu kompliziert, so daß sie ständigen Störungen unterliegen. Wie das zu vermeiden sei, zeigten wiederum zwei deutsche Forscher: Prof. Goldschmidt in Essen (Ruhr) und Graf v. Arco von „Telefunken", die unabhängig voneinander auf verschiedenen Wegen zum gleichen Ziele kamen. Beide erzeugen in der Maschine selbst nur eine gewisse, verhältnismäßig niedrige Anfangsfrequenz, die bei v. Arco z. B. 6000 beträgt, und steigern sie dann durch sog. Frequenzwandler — Goldschmidt in der Maschine, v. Arco außerhalb —, die die vorhergehenden Stufen immer wieder verdoppeln, verdreifachen usw., bis auf die erforderliche Schwingungszahl. Mit Hochfrequenzmaschinen Goldschmidtscher Bauart arbeitet u. a. unsere Großstation Eilvese (bei Hannover), während Nauen v. Arco-Maschinen hat. Erst die Hochfrequenzmaschinen haben den Bau wirklicher Großstationen ermöglicht. Ihnen sind also die modernen Reichweiten (bis zum halben Erdumfang) zu danken.

15.

Trotzdem wäre der Siegeszug der ungedämpften Wellen, die im Begriff sind, die gedämpften ganz zu verdrängen, nie so unaufhaltsam gewesen, wenn es nicht gelungen wäre, ihre Vorzüge durch ein äußerst billiges und einfaches Sendegerät auch für die allerkleinsten Sendestellen — für die schon der Kosten und der erforderlichen Bedienung wegen weder Lampen- noch Maschinensender in Frage kommen — nutzbar zu machen. Auch diesen Fortschritt verdanken wir einem Deutschen, dem Oberingenieur Alex. Meißner der Telefunkengesellschaft, der als erster erkannte, daß ein bis dahin nur als Empfänger (Detektor) und Verstärker elektrischer Schwingungen benutztes Hilfsgerät, die sog. Elektronenröhre, sich ganz hervorragend zur Erzeugung ungedämpfter Schwingungen eignet. Aus dieser Erfahrung entstanden die Röhrensender, die zusammen mit den Röhrenempfängern und den Röhrenverstärkern während des Krieges in größtem Maßstab in Heer und Marine verwendet worden sind, während sie heute die Ausrüstung der kleineren Sende- und Empfangsstellen bilden, die nach dem Plane des Reichsfunknetzes über das ganze Reich verteilt werden sollen. Mit ihrer Hilfe hat man bereits tragbare Empfangsstationen gebaut, die in einem Koffer verstaut werden können. Zur Aufnahme der Wellen verwenden sie nach

Abb. 12 die sog. Rahmenantenne, eine gleichfalls während des Krieges von Braun eingeführte Antennenform, die sich zwar nicht zum Senden eignet (weil sie nur geringe Strahlungsfähigkeit besitzt), dafür aber zahlreiche, gerade für Empfangszwecke äußerst wichtige Vorzüge hat, darunter als wertvollsten wohl den, daß sie nur jene Schwingungen gut aufnimmt, die aus der durch die Rahmenebene bestimmten Richtung kommen, während sie aus der senkrecht zur Rahmenfläche liegenden Richtung („Nullrichtung") überhaupt nicht empfängt, und aus allen anderen Richtungen um so besser bzw. schlechter, einen je kleineren bzw. größeren Winkel sie mit der Rahmenebene bilden.

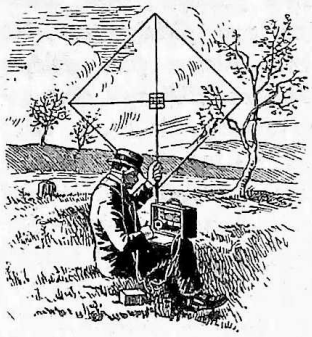


Abb. 12. Tragbare Empfangsstation mit Rahmenantenne.

16.

Diese Eigenschaft der Rahmenantenne ist für die bereits erwähnte „gerichtete" Telegraphie (s. S. 30) äußerst wertvoll, hat man dadurch doch die Möglichkeit, die Empfangsstation durch entsprechende Anordnung der Antenne auf eine ganz bestimmte Sendestation einzustellen. Bei Großstationen macht man davon vielfach Gebrauch, speziell beim Arbeiten im Duplex- oder Gegensprechbetrieb, der heute überall die Regel bildet. Der Einfachbetrieb, wie er bei kleinen Stationen immer noch üblich ist, geht so vor sich, daß die Antenne jeweils für einen gewissen Zeitraum mit dem Sender und hernach mit dem Empfänger verbunden wird, so daß die Station abwechselnd gibt und nimmt. Das ist bei den kostspieligen Großstationen unwirtschaftlich, weil während des Sendens die Empfangsanlagen und beim Empfangen die Sendemaschinen als totes Kapital daliegen. Deshalb ist man — auch im Interesse der rascheren Abwicklung des Telegrammverkehrs — bei den Großstationen dazu übergegangen, Sender und Empfänger mit eigenen Antennen zu versehen und beide zu gleicher Zeit arbeiten zu lassen, also im selben Zeitraum sowohl zu senden wie zu empfangen. Vorbedingung für dieses „Gegensprechen" ist die räumliche Trennung von Empfangs- und Sendestation, weil die

gewaltigen Energiemengen, die der Sender einer Großstation ausstrahlt, bei unmittelbarer Nachbarschaft des Empfängers den Empfang — auch bei abweichender Wellenlänge — stören würden. Aus diesem Grunde hat man beispielsweise die Empfangseinrich-

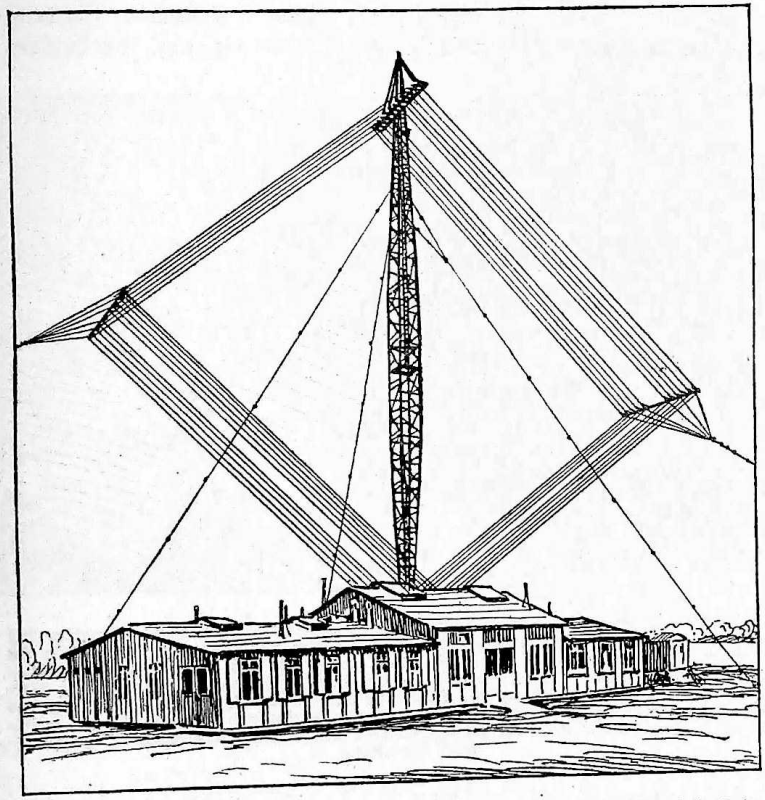


Abb. 13. Die Empfangsstelle der Großstation Nauen in Geltow. Der 40 m hohe Holzmast trägt zwei Rahmenantennen, auf denen gleichzeitig empfangen werden kann, ohne daß die aufgenommenen Wellen einander stören. Die Antenne ist so aufgestellt, daß die Rahmenebene genau in der Richtung der amerikanischen Großstation Sayville weilt, die vor Kriegsausbruch die Gegenstation für Nauen bildete, während Nauen selbst in der Nullrichtung, der Senkrechten zur Rahmenebene, liegt.

tungen der Großstation Nauen nach dem rund 30 km entfernten Geltow (bei Potsdam) verlegt. In dieser Entfernung sind, wenn man die zum Empfang benutzte Rahmenantenne so anordnet, daß die eigene Sendestation in der Nullrichtung (s. S. 38) liegt (vgl. Abb. 13), Störungen durch die Sendewellen nicht mehr zu be-

fürchten. Sende- und Empfangsstation werden zur Übermittlung der nötigen Betriebsnachrichten durch Kabel miteinander verbunden. Auf der Gegenstation findet die gleiche Trennung statt, so daß sich für den Duplexverkehr Deutschland—Amerika das in Abb. 14 skizzierte Schema ergibt.

Das Gegenstück zu diesen nach einer bestimmten Richtung orientierten festen Rahmenantennen bilden die sog. Drehanten-

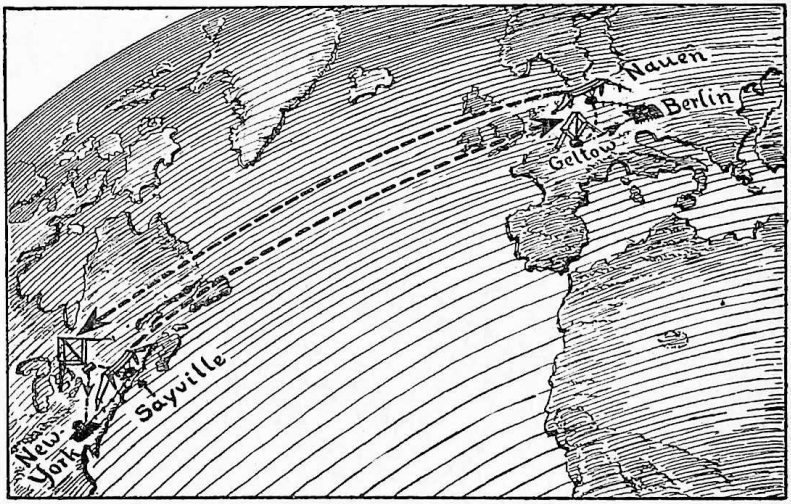


Abb. 14. Graphische Darstellung des Gegensprechverkehrs zwischen Deutschland und Amerika. Auf jeder Seite befindet sich eine Sendestation und eine davon unabhängige Empfangsstelle (in Deutschland Nauen und Geltow). Auf diese Weise kann, wie das Bild zeigt, ein ununterbrochener Verkehr aufrechterhalten werden, da jede Empfangsstelle etwaige Rückfragen durch die mit ihr durch Leitungen verbundene Sendestelle übermitteln läßt. Den Anschluß an das übrige Verkehrsnetz vermitteln die Telegraphenämter Berlin und Neuyork, die die aufgegebenen Telegramme der Sendestelle zutelegraphieren und die ankommenden von der Empfangsstelle übernehmen.

nen, die man besonders auf Schiffen benützt. Sie gestatten u. a., durch entsprechende Drehung des Rahmens (Einstellung auf besten Empfang bzw. auf Null) die genaue Richtung jedes von der Schiffsstation gehörten Senders zu ermitteln.

Weiter bietet die Rahmenantenne angesichts ihrer geringen Strahlungsfähigkeit die Möglichkeit, mehrere Empfangsstationen an einer Stelle zu vereinigen, ohne daß sie sich, wenn man verschiedene Wellenlängen benützt, gegenseitig stören. Dies gestattet, einer zentral gelegenen Sendestation, die ihrerseits durch ent-

sprechend gerichtete, ähnlich Scheinwerfern strahlende Antennen nach allen Richtungen des Raumes arbeiten kann, ebensoviele mit Rahmenantennen ausgerüstete Empfangsstellen zuzuordnen, von denen jede auf eine bestimmte Gegenstation eingestellt ist. Die Ausführung dieser Idee würde aus dem heutigen Nauen eine richtige Sendestadt entstehen lassen, in der 32 oder 64 gerichtete Sender die entsprechenden Ausschnitte der Windrose beherrschen,

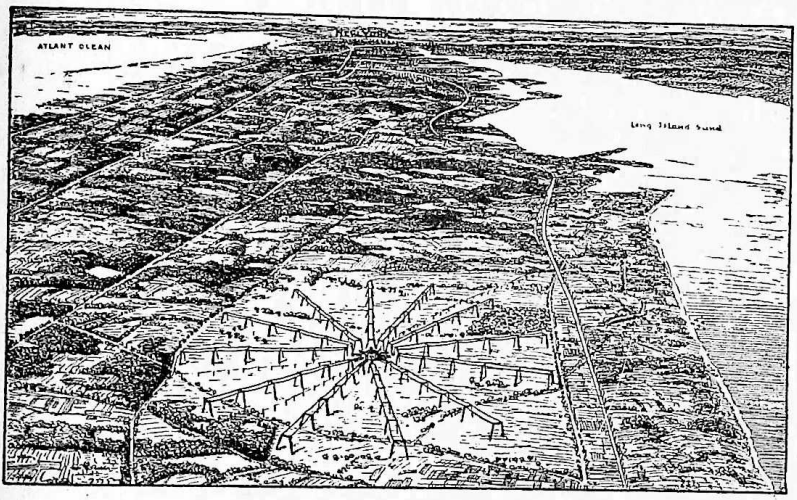


Abb. 15. Vogelschaubild der im Bau begriffenen Großfunkstelle Neuyork (New York Radio Central Station), die die künftige Entwicklung der großen Sendestellen verdeutlicht. Die aus je zwei parallel verlaufenden, auf hohen Stahltürmen ruhenden Drähten bestehenden Antennen bilden die Speichen eines Rades. Jede Speiche strahlt die in ihr durch die zugehörige Hochfrequenzmaschine erzeugten Wellen ausschließlich in der durch ihre Anordnung bestimmten Himmelsrichtung aus, d. h. einer bestimmten Empfangsstelle zu. Die Gegenstationen sind alle in der gleichen Weise eingerichtet zu denken. Bei allen Antennenrädern weist dann eine Speiche in die Richtung Neuyork und schickt ihre Wellen der ihr entsprechenden Neuyorker Empfangsstelle zu; die Empfangsstellen sind auf dem Bilde nicht angedeutet.

während in etwa 30 km Abstand jedem Sender eine Empfangsstelle entspricht. Von allen Teilen Deutschlands würden dieser Sendestadt (wahrscheinlich auf dem Leitungsweg) die zu übermittelnden Nachrichten zuströmen, von denen jeder Sender die seiner Richtung angehörenden erhält. Von draußen aber würde die Antwort einem bestimmten Empfänger zustrahlen, der sie seinerseits durch Draht weiterzugeben hätte. Alle diese Sender und Empfänger würden gleichzeitig arbeiten, ohne sich gegenseitig zu stören. Damit würden die Ozeankabel endgültig überwunden sein.

Daß die Entwicklung auf dieses Zukunftsbild hinarbeitet, wird

durch den jüngst veröffentlichten Plan der am Nordufer von Long Island im Bau begriffenen Großfunkstation Neuyork bestätigt, die imstande sein soll, mit 12 Ländern gleichzeitig zu verkehren. Zu diesem Zweck wird sie mit 12 Hochfrequenzmaschinen ausgerüstet, die Tag und Nacht im Betrieb stehen werden. Die zugehörigen Antennen sind nach Abb. 15 als Strahlen eines Rades angeordnet, dessen Mittelpunkt das Maschinenhaus bildet. Jeder Strahl des Antennenrads besteht aus zwei 1,6 km langen, wagrecht ausgespannten Drähten, die auf sechs je 122 m hohen Stahltürmen ruhen. Die Richtung der einzelnen Antennen bestimmt die Strahlungsrichtung der zugehörigen Sender. Das ganze Antennenrad bedeckt mit seinen 72 Masten eine Fläche von 2600 ha. In rund 30 km Entfernung sind in ähnlicher Weise die Empfänger angeordnet. Durch Leitungen wird die Station mit dem Neuyorker Telegraphenamt verbunden. Von hier werden ihr die abzusendenden Telegramme übermittelt, und gleichzeitig die angekommenen zur Weiterbeförderung entgegengenommen.

17.

Abb. 16. Empfangsstelle im Pressefunknetz.

Doch das Arbeitsgebiet der Radiotechnik umfaßt heute viel mehr als nur die Übermittlung von Telegrammen oder Gesprächen. Die Wellentelegraphie, die der Leitungstelegraphie überall dort helfend oder ergänzend zur Seite tritt, wo entweder Draht- und Kabelverbindungen nicht existieren (Schiff, Küste, unerschlossene Länder, Krieg!), oder wo sie gestört bzw. überlastet sind, und ebenso die Wellentelephonie, die an die Stelle des eine bestimmte Mitteilung enthaltenden Telegramms die oft viel nützlichere persönliche Aussprache setzt, haben längst zahlreiche Geschwister bekommen, die gleichfalls lustig wachsen und gedeihen. Vom Funkpressedienst sprach ich schon. Mehrere Länder haben in letzter Zeit derartige Versuche zur allgemeinen Verbreitung wichtiger Pressemeldungen durch einmaliges Senden von einer Zentrale aus mit Hilfe der elektrischen Wellen gemacht, einesteils, um dadurch die Presse schneller in den Besitz ihres Materials zu setzen, hauptsächlich indessen zu dem Zweck, auf diese Weise den Drahtverkehr von den zahlreichen gleichlautenden Pressetelegrammen und -gesprä-

chen zu entlasten. Aber nur Deutschland ist es gelungen, die dabei bestehenden Schwierigkeiten zu überwinden und von der versuchsweisen Einführung zum praktischen Betrieb überzugehen. Heute umfaßt das deutsche Pressenetz bereits 51, über das ganze Reich verteilte Presseempfangsstellen (vgl. Abb. 17); in absehbarer Zeit wird die Zahl auf etwa 100 gestiegen sein. Als Sendestelle dient die Großstation Königswusterhausen. Das Ideal wäre natürlich

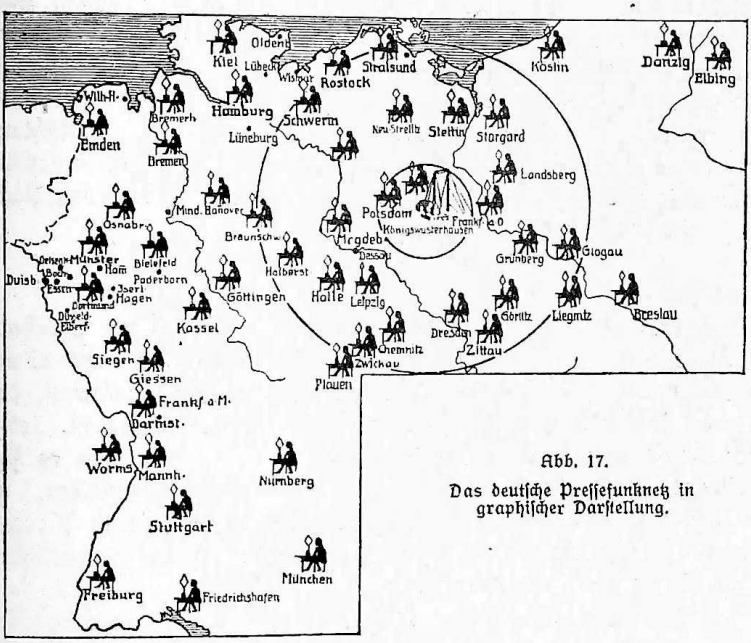


Abb. 17.

Das deutsche Pressefunknetz in graphischer Darstellung.

eine eigene Empfangsstelle bei jeder Zeitung. Gegenwärtig sind wir noch nicht so weit. Die Empfangsstellen befinden sich im Telegraphenamt des betreffenden Ortes und stellen den Zeitungen die ihnen von der Zentrale aus mehrmals täglich zu bestimmten Stunden übermittelten Nachrichten durch Fernsprecher zu. Neben der Schnelligkeit der Übermittlung ist Billigkeit ein großer Vorzug dieses Rundfunkdienstes, da man nicht nur an Leitungsmaterial, sondern auch an Personal ganz gewaltig spart. Zurzeit ist man bestrebt, den Rundfunkdienst durch Einführung der Wellentelephonie zu vervollkommnen, da dadurch die Aufnahme der Meldungen durch jede beliebige Person ermöglicht wird. Sobald diese Änderung durchgeführt ist, kann der weitere Ausbau des Rundfunks

in die Wege geleitet werden. Er ist so gedacht, daß die Telegraphenverwaltung jedem Interessenten — also auch Privatleuten — gegen Zahlung einer angemessenen Gebühr eine Einrichtung zum Abhören der von der Zentrale entsandten Funknachrichten liefert, und zwar in Form eines Apparats, der genau so einfach zu handhaben ist, wie etwa der Fernsprecher (vgl. Abb. 16). Die bei der Zentrale zusammenlaufenden Meldungen werden zunächst gesichtet und zu Gruppen — beispielsweise Börsenberichten, Handelsnachrichten, Rennberichten, politischen Nachrichten, Wettermeldungen — zusammengestellt. Was für jede Gruppe in einem bestimmten Zeitraum an Nachrichten eingeht, wird mehrmals täglich zu bestimmten Zeiten wellentelephonisch über ganz Deutschland verbreitet. Der Abonnent braucht also nur zur richtigen Stunde seinen Empfänger einzuschalten, um alle ihn interessierenden Nachrichten mitzuhören.

18.

Dieses Zukunftsbild, das in gewissem Sinne die „hörbare Tageszeitung" an Stelle der gedruckten bedeutet, ist auf einem anderen Gebiet heute schon erreicht: im sog. Zeitsignaldienst, der für die internationale Schiffahrt von größter Bedeutung ist. Jedes unterwegs befindliche Schiff muß, um den Ort, an dem es sich befindet, stets genau zu kennen und daraus festzustellen, ob es den richtigen oder einen falschen Kurs steuert, jeden Morgen eine sog. Längenbestimmung machen, zu der es die Sonnenhöhe und die genaue Zeit braucht.

Zur Zeitbestimmung dient ein Chronometer, das ganz genau gehen muß. Die Schiffschronometer leiden aber stark unter den lebhaften Erschütterungen, denen sie im fahrenden Schiff (Maschine!) beständig ausgesetzt sind, so daß sich im Laufe der Fahrt immer Abweichungen gegen die richtige Zeit ergeben. Wird der Fehler nicht bemerkt — größere Schiffe führen dazu stets mehrere Chronometer mit — so kann das die unangenehme Folge haben, daß das Schiff einen ganz anderen Kurs einschlägt. Daher ist es für jedes Schiff von großer Wichtigkeit, den Gang des Chronometers jederzeit prüfen und nötigenfalls berichtigen zu können. Es gibt dazu astronomische Verfahren, die aber erstens sehr umständlich und zweitens vom Erscheinen der Sonne abhängig sind. Also war es ein großer Fortschritt, als man um 1906 auf Grund einer An-

regung Professor Albrechts vom Geodätischen Institut in Potsdam auf den Gedanken kam, von einer Zentrale aus zu einer bestimmten Zeit — etwa um 12 Uhr mittags — wellentelegraphisch ein Signal zu geben, das allen mit Wellenempfängern ausgerüsteten Schiffen auf der ganzen Welt sagt: Achtung, 12 Uhr, stellt eure Chronometer!

Zur Einrichtung einer solchen Weltzeitsignalstation, die nach einem französischen Vorschlag auf dem Pic von Teneriffa errichtet werden sollte, ist es zwar bisher noch nicht gekommen. Wohl aber schicken seit Jahren alle Großstationen — jede zu einer andern Stunde — Zeitsignale aus, Nauen z. B. von 12.55 bis 1 Uhr mittags, Eiffelturm von 10.56 bis 11 Uhr vormittags und von 12.44 bis 12.51 nachts, die von allen mit Funkstationen ausgerüsteten Schiffen aufgenommen werden. Außer für die Schiffahrt hat dieser Zeitsignaldienst, dessen internationale Regelung bevorsteht, auch für Sternwarten, Postanstalten, Bahnhöfe, Uhrmacher usw. Bedeutung, überhaupt für jeden Betrieb, der auf genaue Zeitbestimmungen angewiesen ist, so daß wir auch an Land schon zahlreiche Zeitsignalempfänger finden. Um die Aufnahme möglichst zu erleichtern, hat man dafür besondere Apparate gebaut. Sie werden auf die Wellenlänge, die die in Frage kommende Station zur Aussendung des Zeitsignals benutzt (Nauen z. B. 3900 Meter), fest eingestellt, so daß man nur zur rechten Zeit den Hörer abzuheben braucht, um das Signal zu vernehmen. Durch Einbau eines Verstärkers und eines lautsprechenden Telephons läßt sich die Anlage aber auch so einrichten, daß der Apparat die Signale laut wiedergibt, davon macht man u. a. bei Sternwarten Gebrauch.

Schon 1913 hat man vorgeschlagen, den deutschen Zeitdienst dahin weiter zu entwickeln, daß alle Uhren im Lande drahtlos elektrisch gesteuert würden. Dazu sollte in Fulda eine besondere Zeitsendestation errichtet werden, die jede Minute einen Wellenstoß ausschickte. Mit diesen Wellenstößen wollte man eigens gebaute elektrische Uhren zwangsläufig treiben. An jede derartige Wellenuhr hätte man beliebig viele elektrisch betriebene Minuten-Springuhren, die wir von unseren Bahnhöfen, Schulen usw. her kennen, durch Drahtleitungen als Nebenuhren anschließen können. Auf diese Weise würde — wenn jede Stadt, jedes Dorf mindestens eine radiotechnisch gesteuerte „Leituhr" hätte — ganz Deutschland

über einheitliche Zeit verfügen. Der Krieg hat die Ausführung des schon ziemlich weit gediehenen Planes gehemmt.

19.

Ein besonderer Zweig des Zeitsignaldienstes ist seine Verwertung zur Landesvermessung, bei der genaue Zeitübertragungen erforderlich sind, um den Unterschied der geographischen Längen zweier Orte auf der Erde festzustellen. Bisher wurden diese Zeitvergleichungen, für die Genauigkeiten bis zu wenigen Tausendstelsekunden gefordert werden, dadurch vorgenommen, daß man die mit astronomischen Uhren ausgerüsteten Meßstationen — gewöhnlich Sternwarten — durch eine Leitung miteinander verband und entsprechende Signale hin und her telegraphierte. Dieses Verfahren eignet sich aber nur für Kulturländer mit engem Telegraphennetz; in Gebieten mit schwieriger zugänglichen Punkten (Gebirgsländern) und auch in Ländern ohne oder mit nur einem sehr dünnen Leitungsnetz, ist es nicht verwendbar, wenn man nicht mit großen Kosten eigene Leitungen anlegen will, was übrigens oft gar nicht möglich ist. Hier tritt die Wellentelegraphie mit ihren Zeitsignalen als hochwillkommene Helferin ein, ist sie der Leitungstelegraphie doch noch darin überlegen, daß ihre Zeichen sich in sehr weitem Umkreis wahrnehmen lassen. Das schafft die Möglichkeit, ein größeres Gebiet in dieser Weise gleichzeitig zu vermessen, wodurch die Genauigkeit der Bestimmungen wesentlich gewinnt.

Die erste derartige Vermessung hat Professor Albrecht ausgeführt (Bestimmung der Längendifferenz Potsdam—Brocken im Jahr 1906). Das war indessen nur ein Versuch. Die erste praktische Anwendung fand das Verfahren 1912—1913 gelegentlich der Langone—Pama-Expedition für die Grenzregulierung zwischen Kamerun und Französisch-Äquatorial-Afrika; die Zeitzeichen wurden von der damaligen deutschen Funkstelle Duala ausgeschickt und auf 1000 km Entfernung von den Meßstationen im Süden und Norden des Schutzgebiets trotz starker luftelektrischer Störungen gut aufgenommen. Im Juli 1914 wurde durch das astronomische Observatorium in Yap gemeinsam mit den Telefunkenstationen Yap, Nauru und Tsingtau auf diese Weise die noch nicht genau bekannte geographische Länge von Samoa festgelegt. Gegenwärtig

wird nach dem gleichen Verfahren die genaue Grenzlinie zwischen Süd- und Westaustralien bestimmt.

20.

Die Tätigkeit der Wellentelegraphie im Seekrieg ist bekannt. Sie verdeutlicht uns an einem Sonderfall die Wichtigkeit der Radiotechnik für die Schiffahrt überhaupt, in der sie ihre ersten praktischen Erfolge errungen hat. Heute besitzt jeder irgendwie wichtige Hafen und fast jedes Leuchtfeuer seine Funkstation, die mit den ein- und ausfahrenden Schiffen verkehren kann. So können die Schiffe ihrem Bestimmungshafen die bevorstehende Ankunft schon tagelang vor dem Einlaufen melden, die nötigen Vorkehrungen für die schnelle Löschung ihrer Ladung treffen, den Lotsen oder bei Unfällen Hilfe herbeirufen, durch Übermittlung von Gesundheitsberichten usw. die Abfertigung durch die Hafenbehörden beschleunigen, während der Fahrt Wetterberichte und Sturmwarnungen aufnehmen, Nachrichten mit anderen Schiffen tauschen usw. „Die Zeit, in der keinerlei dienstliche Mitteilungen gewechselt werden, steht den Reisenden zum Austausch von Privattelegrammen zur Verfügung und bildet für große Bordstationen eine recht ergiebige Einnahmequelle. Außerdem können an Bord der Schiffe Pressenachrichten aufgenommen werden, mit deren Hilfe vielfach eine Schiffszeitung gedruckt wird. Der Reisende, der eine Woche und noch länger unterwegs ist, entbehrt also nichts. Er kann sogar, wenn er will, drahtlos spekulieren, indem er seinem auf dem Festland weilenden Vertreter radiotelegraphisch entsprechende Kauf- oder Verkaufsaufträge erteilt. In Amerika wird dieses Verfahren weidlich ausgenützt, und mancher Börsenmann erfährt auf hohem Meer, daß seine Spekulation ihn um soundso viel hunderttausend Dollar leichter oder wohlhabender gemacht hat" („Telefunken-Ztg." H. 18, S. 37).

Alle diese Dinge treten indessen zurück gegenüber der außerordentlichen Wichtigkeit der W.'lentelegraphie für die Sicherheit auf See, die durch die Einführung der Bordstationen in weitgehendem Maße gewonnen hat. Wie oft kam es früher vor, daß ein Schiff — von weiter Fahrt heimkommend — „fällig" war und stündlich erwartet wurde. Am Hafen haben sich die Angehörigen der Reisenden und der Besatzung versammelt, um ihre Lieben froh zu empfangen. Das Schiff bleibt aus. Zunächst

geht man ruhig heim, um am andern Tage wiederzukommen. Wahrscheinlich ist irgendeine unvorhergesehene Verzögerung eingetreten, die nichts auf sich hat. Am nächsten Tage wieder nichts. Ebenso am übernächsten. Tag um Tag vergeht, ohne daß das Schiff etwas von sich hören läßt. Rückfragen beim letzten Hafen bringen die Antwort, daß es dann und dann abgefahren ist. In einen anderen Hafen ist es nicht eingelaufen. So bleibt zum Schluß nur die traurige Gewißheit, daß es unterging — ein weiteres Opfer zu den vielen, die die See schon verschlungen hat. — Solche Dramen sind heute selten geworden. Eine 1913 auf der sog. „Titanic"-Konferenz geschlossene internationale Vereinbarung, der alle seefahrenden Nationen beigetreten sind, verpflichtet alle Schiffe bis zu 3000 t hinab, die Passagiere führen, eine Bordstation von bestimmter Reichweite einzubauen; England hat sogar neuerdings die Herabsetzung der Grenze bis auf 1600 t beantragt. Eine vom Handelsdepartement der Vereinigten Staaten veröffentlichte Statistik über Rettungen aus Seenot verzeichnet für den Zeitraum von 1899—1916 (= 17 Jahre) 232 Fälle. Ganze acht entfallen auf die ersten zehn Jahre, wo nur wenige Schiffe Bordstationen besaßen. Man kann also ruhig sagen, daß damals die meisten Schiffsunfälle „tödlich" verliefen. Der Umschwung beginnt im Jahre 1909. Im Januar dieses Jahres stießen die Schiffe „Florida" und „Republic" 270 Meilen vor Neuyork zusammen. „Republic" sank sofort. Dank der Bordstation wurden 1500 Menschen durch rechtzeitig herbeieilende Hilfe gerettet. Während der folgenden Jahre sind bis 1914 im ganzen 93 Fälle verzeichnet, in denen die elektrischen Wellen als Retter aus Seenot in Tätigkeit traten. In diese Zeit fällt u. a. der Zusammenstoß der „Titanic" mit einem Eisberg (am 15. April 1912), wobei 828 Personen gerettet wurden, und der Untergang der Schiffe „Charthaginian" und „Lithunia" mit 800 und 1200 Geretteten. In den beiden Kriegsjahren 1915 und 1916 ist die Zahl der Rettungen auf insgesamt 131 gestiegen.

Erst wenn man diese Tatsachen kennt, kann man den Humor einer Antwort würdigen, die Bredow, der jetzige Leiter unseres Telegraphenwesens, im Frühjahr 1906 als frischgebackener Telefunken-Ingenieur von Karl Woermann, dem damaligen Besitzer der Woermann-Linie, einer der größten Hamburger Reedereien, erhielt. Bredow, begeistert für die junge Radiotechnik wie kein zweiter, hielt

damals in Bremen und Hamburg mehrere Vorträge über die Wichtigkeit der Wellentelegraphie für die Handelsschiffahrt. Da das Interesse der Hörer gering war, ging er eines Tages mit einem Besuche Woermanns zum direkten Angriff über. Woermann hörte mit großer Ruhe zu, wie Bredow voller Feuer seine Pläne entwickelte. Als er aber schließlich meinte, jeder Reeder würde einst die Wellentelegraphie an Bord seiner Schiffe ebenso nötig brauchen wie den Kompaß, lachte Woermann laut auf, rief einen seiner Prokuristen herbei und sagte: „Nun hören Sie sich bloß mal an, was dieser Herr aus Berlin mir da erzählt." Dann fuhr er — zu Bredow gewandt — fort: „Eine derartige Einrichtung würde für meine Flotte jährlich vielleicht 50 000 Mark kosten. Glauben Sie, ich hätte so viel Geld dafür übrig, daß meine Kapitäne auf See sich gegenseitig ‚Guten Morgen' sagen können?" Bredow meinte, daß das ja nicht der Zweck der Sache sei. Abgesehen von der Erhöhung der Sicherheit, werde die Einrichtung dem Reeder jederzeit die Möglichkeit geben, mit seinen Fahrzeugen auf hoher See in Verbindung zu treten. Da aber rief Woermann unwirsch aus: „Ach was, ich bin froh, wenn ich von meinen Schiffen nichts mehr höre, wenn sie den Hafen verlassen haben". Übrigens war Woermanns Linie eine der ersten, die ihre gesamte Flotte mit Bordstationen versah.

21.

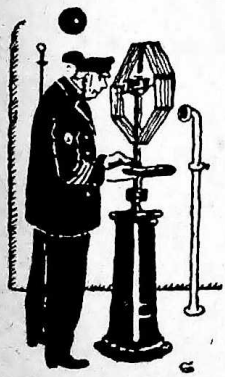


Abb. 18. Richtfinder.

Auf zwei Arten dient die Radiotechnik zur Erhöhung der Sicherheit auf See. Sie ruft Hilfe herbei, wenn ein Unfall eingetreten ist, sie bietet aber auch die Möglichkeit, dem Eintreten von Unfällen vorzubeugen. Schon der drahtlose Wetterdienst, der mehrmals täglich von den Küstenstationen aus allen Schiffen die neuesten Wettermeldungen und das zu erwartende Wetter funkt, wirkt in diesem Sinne. In England soll dieser Dienst jetzt auf Sturmwarnungen ausgedehnt werden, die ergehen, sobald die Windstärke 70 Stundenkilometer zu überschreiten droht. Zugleich sind die Schiffer aufgefordert worden, auch ihrerseits beim Ausbau des Schiffswetterdienstes mitzuwirken, indem sie ihre eigenen Wetter-

beobachtungen drahtlos der nächsten meteorologischen Sammelstelle weitergeben. Der internationale Ausbau dieses Wetterdienstes wird von großer Bedeutung sein.

Ein anderes Bild: Seit vielen Tagen ist ein Schiff auf großer Fahrt unterwegs. Morgen soll es den Heimathafen erreichen. Tagsüber fuhr man in Sicht der Küste, deren besonders hervorstechende Kennzeichen, die sog. Landmarken, der Kapitän dauernd mit seiner Seekarte verglich, um so den Ort des Schiffes ständig zu bestimmen. Jetzt ist es Nacht. . . . Dort, wo die Küste läuft, flammen Leuchtfeuer auf, die gleichfalls auf der Karte verzeichnet sind. Als „Kennung" dient dem Schiffer ihr besonderes Licht. Das eine strahlt eine breite weiße Lichtgarbe durch das Dunkel, ein anderes flammt blutrot wie Höllenglut, ein drittes blitzt in kurzen Abständen auf und erlischt sogleich wieder, das vierte blinkt kurz — lang — kurz und macht dann eine Pause. So hat jeder Leuchtturm, jedes Feuerschiff seine besondere Charakteristik, die in den internationalen Segelanweisungen aufgeführt ist. Und jeder Seemann nennt uns nach einem Blick mit unbedingter Sicherheit Namen und Ort der Lichter, gehört doch ihr Studium schon zu des jüngsten Schiffsjungen täglichem Brot. Diese Wegweiser führen unser Schiff sicher durch die Nacht der Heimat entgegen. Doch plötzlich liegt es wie ein leichter Schleier über ihnen, der sich allmählich verdichtet und bald alles grau verhüllt. Nebel ist eingefallen, des Seemanns furchtbarster Feind. „Langsame Fahrt!" schrillt der Kommandoapparat im Maschinenraum. Träger gleitet das Schiff dahin. Ein zweites Signal: „Stoppen!" Der Schiffer wagt nicht weiter zu fahren, weil er die Richtung nicht mehr bestimmen und hier in der Nähe der Küste leicht auflaufen oder zusammenstoßen kann. Laut brüllt das dampfgetriebene Nebelhorn durch das Düster. Dann wieder Stille. Abermals ein gellender Warnungsruf! Von Steuerbord tönt Antwort, die beim nächstenmal schon lauter dröhnt. Plötzlich taucht hinter dem Nebelgrau der Umriß eines großen Dampfers auf. Er fährt auf gleichem Kurs. Ein Zusammenstoß droht also nicht. Aber er macht ja „volle Fahrt", als wenn es überhaupt keinen Nebel gäbe. Was leitet ihn? Wäre man näher bei der Küste, so könnten es Unterwasser-Schallsignale sein. Aber deren Reichweite geht nicht über 10—12 km hinaus. Und die Küste ist gut dreimal so weit. Wir springen in Gedanken auf jenen Dampfer hinüber. Der Kapitän

steht auf der Brücke, einen Fernhörer an jedem Ohr und vor sich einen Rahmen, der eine Anzahl Drahtwindungen trägt (Abb. 18). Wenn er Zeit hätte, uns sein Tun zu erklären, würden wir hören, daß wir eine mit einem kleinen Wellenempfänger verbundene Rahmenantenne vor uns haben. Mit dieser Einrichtung nimmt der Kapitän von den Küstenstationen drahtlos ausgesandte Zeichen auf. Und zwar hat jede dieser Küstenstationen ihre besondere „Wellenkennung", genau wie das Leuchtfeuer sein besonderes Licht. Aber damit allein ist's noch nicht getan. Man braucht auch noch die Richtung, aus der die Wellen kommen, denn nur dann ist es möglich, das Schiff danach zu lenken. Diese Richtung verrät uns die Rahmenantenne, die über einer Gradteilung gedreht werden kann. Tut man das, so merkt man bald, daß die Fernhörer bei einer bestimmten Stellung des Rahmens die Zeichen der Sendestelle sehr laut wiedergeben, während in der Stellung senkrecht dazu überhaupt nichts zu hören ist. In den Zwischenstellungen stuft die Lautstärke sich allmählich ab. Das Maximum an Lautstärke ist erreicht, wenn die Rahmenebene genau auf den Sender weist. Da aber eine Drehung des Rahmens um mehrere Teilstriche nach rechts oder links die Lautstärke für unser nicht sehr empfindliches Ohr nur wenig verändert, wird in der Praxis nicht das Empfangsmaximum, sondern sein Gegenstück, das Minimum, zur Richtungsbestimmung benutzt. Das Minimum ist erreicht, wenn im Hörer kein Laut mehr vernehmbar ist. Der Rahmen steht dann genau senkrecht zur Richtung des Senders. Diese Einstellung ist äußerst scharf, denn schon eine leise Drehung des Rahmens genügt, um die Signale wieder hörbar zu machen.

Mit solchen wellentelegraphischen Richtungsanzeigern, die das direkte Ansteuern von mit Funkstationen ausgerüsteten Landmarken gestatten, sind gegenwärtig schon zahlreiche Schiffe ausgerüstet. Ihre Verwendung bedingt natürlich das Vorhandensein möglichst zahlreicher Küstenfunkstellen, die denn auch in zunehmendem Maße auf Leuchttürmen, Feuerschiffen usw. eingerichtet werden. Vorgeschlagen ist der weitere Ausbau des Systems durch selbsttätige Zeichengebung mittels Sprechmaschinen, die in gewissen Zwischenräumen den Ort des betreffenden Leuchtfeuers radiotelephonisch ausrufen sollen. Daß sich das Verfahren auch zur Bestimmung des Schiffsortes verwenden läßt, ist selbstverständlich. Man braucht dazu nur eine sog. Kreuzpeilung vor-

zunehmen, d. h. den Rahmen nacheinander auf zwei verschiedene Sender einzustellen. Der Schnittpunkt der sich so ergebenden Richtlinien zeigt — auf die Karte übertragen — den Schiffsort an. Um diese Ortsbestimmungen zu erleichtern, hat man besondere Kreuzpeilvorrichtungen gebaut, die zur Hauptsache aus zwei voneinander unabhängigen, drehbaren Rahmenantennen bestehen. Zunächst wird der eine Rahmen mit seinem Minimum auf den einen Sender und dann der andere Rahmen mit seinem Minimum auf einen zweiten Sender eingestellt. Die Rahmenbewegung überträgt sich auf über einer Kreisteilung spielende Zeiger, die den Winkel der beiden Rahmen untereinander und damit den Winkel, unter dem die beiden Funklandmarken „gepeilt" worden sind, angeben. Da die Teilung so eingerichtet ist, daß man gleich die wahren Strecken und Entfernungen ablesen kann, ist die Eintragung der „Peilung" in die Seekarte bei diesen „Ortssuchern" überflüssig.

Besonders Amerika ist an seinen langgestreckten, nur zum Teil mit Leuchtfeuern besetzten Küsten mit dem Ausbau solcher Richtstationen vorangegangen. Anfang 1921 waren an der Atlantischen Küste 31, an der Küste des Pazifik 25 Richtanlagen im Betrieb, bei denen jedes 360 Kilometer entfernte Schiff seinen genauen Standort erfragen kann, wenn es selbst keinen Ortssucher besitzt. Auch zwischen verschiedenen Schiffen läßt sich nach diesem Verfahren bei nebligem Wetter leicht Fühlung herstellen. Während des Krieges hat man davon besonders bei großen Truppentransporten, die unter Bewachung durch Begleitfahrzeuge vor sich gingen, vielfach guten Gebrauch gemacht. Zur allgemeinen Einführung dieser Methode wird gegenwärtig eine internationale Bestimmung gefordert, die alle Schiffe verpflichtet, im Nebel außer ihren Lärmsignalen in gewissen Zwischenräumen drahtlose Zeichen zu geben. In den Pausen zwischen zwei solchen Signalen kann dann jedes Schiff mit Hilfe seines Peilrahmens die allgemeine Richtung benachbarter Schiffe bestimmen. „Ein kurzer Funkwechsel genügt, um sich gegenseitig Kurs und Geschwindigkeit mitzuteilen. Aus der Veränderlichkeit oder gleichbleibenden Peilung des Nachbarschiffs kann man Schlüsse auf die gegenseitige Bewegung ziehen. Beispielsweise werden zwei aufeinander zusteuernde Schiffe keine Veränderung der gegenseitigen Peilungen bemerken können, ebensowenig zwei in Kiellinie fahrende. Kurs und Geschwindigkeits-

angabe lassen aber erkennen, ob ein Zusammenstoß droht oder nicht." — Aus zwei Peilungen mit Zeitunterschied auf demselben Schiff kann unter Berücksichtigung von Kurs und Schiffsgeschwindigkeit jederzeit der beiderseitige Ort ermittelt werden. Das ist besonders wichtig für Schiffe in Seenot, deren Auffindung dadurch erleichtert wird. Wie oft las man schon, daß ein Schiff zwar den Notschrei „SOS"*) eines anderen vernahm, es aber unsichtigen Wetters halber einfach nicht finden konnte. Charakteristisch ist dafür der Zusammenstoß der Dampfer „Florida" und „Republic" im Jahre 1909. Die „Republic" trieb nach der Kollision hilflos auf dem Meere und sandte drahtlos Notrufe aus, auf die hin der Dampfer „Baltic" sogleich zur Hilfe eilte. Da dichter Nebel herrschte, war das verunglückte Schiff nicht zu sehen, und die „Baltic" vermochte es trotz der drahtlos übermittelten Standortsangabe, da ihr jedes Richtmittel fehlte, 12 Stunden lang nicht zu finden. „Erst nach zwölfstündigem Zickzackfahren und Umkreisen des Ortes, wo das beschädigte Schiff, das inzwischen vertrieben war, nach den funkentelegraphischen Meldungen sich befinden mußte, gelangten wir in seine Nähe," heißt es in dem Bericht des „Baltic"-Kapitäns. „Wir kamen bis auf hundert Fuß an das Schiff heran, bevor wir überhaupt etwas von ihm sehen konnten. Und auch dann sahen wir nur den schwachen Schimmer eines grünen Lichtes, wie man es zu Illuminationszwecken benutzt. Während unseres zwölf Stunden langen Suchens machten wir, glaube ich, 200 Seemeilen in unserem Zickzackkurs, ehe wir zur ‚Republic' gelangten, und das alles auf einem Flächenraum von nur zehn Quadratmeilen." Derartige Vorfälle werden durch richtige Anwendung der Ortssucher unmöglich gemacht.

22.

Da wir gerade bei der Schiffahrt sind, mag hier gleich noch eine interessante Einrichtung besprochen werden, die ebenfalls elektrische Wellen als Wegweiser benutzt. Es handelt sich dabei um Anlagen, die während des Krieges geschaffen worden sind, um Schiffen im Dunkel der Nacht und bei unsichtigem Wetter das Einlaufen in enge Hafeneinfahrten u. dgl. zu ermöglichen, ohne dabei verräterische Licht- oder Unterwasser-Schallsignale (U-Boots-

*) Das internationale Zeichen für „Schiff in Not", abgekürzt aus save our souls = rette unsere Seelen.

Gefahr!) zu Hilfe zu nehmen. U. a. befindet sich eine derartige Anlage, der man den bezeichnenden Namen „Drahtloser Lotse" gegeben hat, in der Einfahrt zum Hafen von Neuyork, dem sog. Ambrose-Kanal, dessen enge Fahrtrinne schon bei Tage größte Aufmerksamkeit verlangt. Auf der Sohle dieses Kanals hat man nach Abb. 19 A ein dickes Kabel verankert, und zwar genau in der Mitte der Fahrtrinne. Durch dieses Kabel schickt ein in einem der Hafenforts aufgestellter Maschinensender im Rhythmus bestimmter Morsezeichen elektrische Wellen, die um das Kabel herum im Wasser ein elektrisches Kraftfeld erzeugen. Zur Aufnahme dieser Wellen tragen die Schiffe beiderseits in einem Hohlraum etwas unter der Wasserlinie einen kleinen Empfangsapparat, verbunden mit zwei Fernhörern, die der Kapitän während der Durchfahrt des Kanals umschnallt. Beide Hörer werden, wie Abb. 19 B zeigt, genau gleich stark erregt, sobald sich die Kiellinie (Längsachse) des Schiffes mit dem Kabel deckt. Weicht das Schiff dagegen nach rechts oder links vom Kabel ab, so spricht der eine Hörer stärker an als der andere, der bei großen Abweichungen überhaupt nicht mehr beeinflußt wird (vgl. Abb. 19 C). Aus der Lautstärke der aufgenommenen Zeichen kann man also feststellen, ob das Schiff sich in der Fahrtrinne befindet oder nicht, so daß ein falscher Kurs auf Grund der jeweiligen Beobachtungen leicht berichtigt werden kann. In bestimmten Abständen ist das Kabel auf eine größere Strecke mit einer Bleihülle versehen, die das Ausstrahlen der Wellen verhindert. Beim Passieren dieser Stellen bleiben die Fernhörer stumm. Daran erkennt der Schiffer, daß er wieder eine bestimmte Strecke zurückgelegt hat. Um im Nebel oder im Dunkel der Nacht die Einfahrt zu suchen, braucht

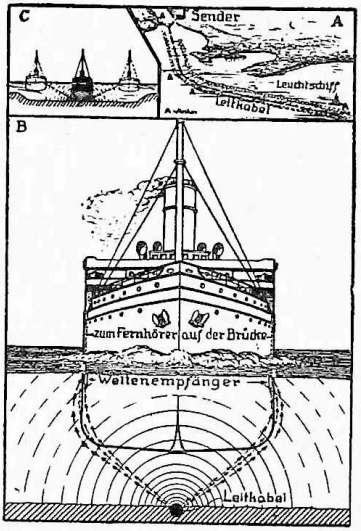


Abb. 19. Schematische Darstellung der Verwendung elektrischer Wellen zur Lenkung von Schiffen in engen Hafeneinfahrten, Kanälen usw.

das Schiff nur vor der Küste zu kreuzen, bis einer der Fernhörer auf die Zeichen des weit ins Meer hinausreichenden Kabels anspricht. Damit weiß der Schiffer, daß er das Leitkabel vor sich hat; er braucht dann nur noch den Kurs auf gleiche Schallstärke einzustellen. Liverpool hat eine ähnliche Einrichtung.

23.

Die gleiche große Bedeutung, die die Wellentelegraphie für die Schiffahrt besitzt, hat sie auch für die Luftfahrt, im Kriege wie im Frieden. In Deutschland sind Luftfahrt und Radiotechnik von Anfang an eng verbunden gewesen, denn die ersten deutschen Versuche zur Wellentelegraphie wurden von Slaby 1897 mit Hilfe der Luftschiffertruppen durchgeführt, da der einfachste Weg, recht hohe Antennen zu erhalten, die Hochführung durch Fesselballone war. Auch in der Folge wurden die Versuche im Verein mit den Luftschiffern fortgesetzt, die sich auf diese Weise über die Fortschritte der Wellentelegraphie ständig unterrichten konnten. Um so seltsamer mutet der heftige Widerstand an, den sowohl die Pioniere des Luftschiffbaus wie später die Flieger dem Einbau von Bordstationen jahrelang entgegensetzten. Hauptsächlich war es die Explosions- und die Feuersgefahr — die in der Funkenstrecke der damals verwendeten Systeme überspringenden Funken konnten ja unter Umständen das durch die Mischung des aus der Ballonhülle austretenden Wasserstoffs mit der Luft gelegentlich entstehende Knallgas entzünden — die man in den Vordergrund schob. Und das, obwohl kein Luftschiffer einen „kleinen" Vergaserbrand, bei dem die Flammen manchmal mehrere Meter hoch emporschlugen, tragisch nahm — denn so was kam öfters vor, und nie war etwas passiert. In zweiter Linie wurde das „hohe" Gewicht ins Feld geführt, eine Ansicht, die sich so festsetzte, daß später — nachdem der anfängliche Widerstand längst besiegt war — in der Regel zu allererst der Funker und dann seine Apparate als unnötiger Ballast ausgebootet wurden, wenn ein Luftschiff gelegentlich zu wenig Auftrieb hatte. Die allmähliche Überwindung dieser Schwierigkeiten spiegelt sich in der technischen Entwicklung der Luftschiff- und Flugzeugstationen getreulich wider. Die erste derartige Station, für ein Parsevalluftschiff bestimmt, hieß nach ihrer Form die „Eierkiste". Sie stand auf dem Boden der ohnedies engen Gondel und auf ihr der Steuermann, mit dem sich der Funker, der auf einer Ecke

des Kastens saß, sehr gut stellen mußte, damit er ihm beim Tippen nicht die Finger abtrat. Aus diesem Erstling wurde auf Grund der gemachten Betriebserfahrungen bis zum Jahre 1912 über mehrere Zwischenstufen die sog. Überdruckschrankstation für Zeppelinkreuzer und Schütte-Lanz-Luftschiffe entwickelt, die auf höchst einfache Weise jede Möglichkeit einer Explosion beseitigte. Der Schrank besaß nämlich einen Windstutzen, der im Fahrtwind so angeordnet war, daß der durch die Fahrt erzeugte kräftige Luftstrom in den Schrank eintreten mußte. Da der Schrank im übrigen luftdicht verschlossen war, entstand dadurch im Innern ein Überdruck, der ein Eindringen von Gas aus dem Luftschiff sicher unterband. Mit dieser zum Senden und Empfangen auf große Entfernungen tauglichen Station war aber erst ein Wunsch der „Luftfunker" erfüllt. Der zweite betraf den Einbau einer schalldichten Kabine, weil man bei dem gewaltigen Lärm der Motoren und der Luftschrauben in der Regel nur Bruchstücke der einlaufenden Botschaften aufnehmen konnte. Auch diese Forderung konnte angesichts der damit verknüpften Gewichtsfrage erst nach langen Kämpfen durchgedrückt werden. Erst ein Radikalmittel beseitigte den letzten Widerstand. Man rüstete ein Luftschiff mit einer Station von zehnfacher Stärke einer Normalstation aus und demonstrierte durch gründliche Versuche bei Tag und Nacht, daß selbst bei den hohen Spannungen, die nunmehr in allen Metallteilen herrschten, nicht die geringste Gefahr bestand. Das überzeugte endgültig, und um in Zukunft neuen Legendenbildungen vorzubeugen, wurden diese Ladeversuche für jedes neue Luftschiff als Bestandteil der Abnahmeprüfung vorgeschrieben. Dank dieser gründlichen Vorarbeit stand Deutschland bei Kriegsbeginn auch auf diesem Gebiet gerüstet da. Ohne ihre vortrefflichen Bordstationen, die genau wie in der Schiffahrt nicht nur als Nachrichten-, sondern auch als Orientierungs- und Navigationsmittel bei Fahrten über den Wolken und bei unsichtigem Wetter dienten, hätten die Zeppelinkreuzer niemals ihre Großleistungen im Angriff und in der Aufklärung vollbracht.

Bei den Flugzeugen waren die zu überwindenden Schwierigkeiten noch größer. Man hielt den Einbau einer Bordstation fast für gefährlicher als das Fliegen selbst, stellte man doch derart eingerichtete Flugzeuge eine Zeitlang auf eine Stufe mit den elektrischen Hinrichtungsstühlen. Insbesondere die Benzin- und

Öltanks wurden durch die Hochspannung für gefährdet gehalten, und die anfänglich lang herabhängende Antenne galt als ein großes Hindernis für die Stabilisierung und Lenkbarkeit des Apparates. Eigentlich hat erst der Krieg mit seiner kategorischen Forderung nach einem sicher arbeitenden Verbindungsmittel zwischen Flugzeug und Erde gründlich Wandel geschaffen. — Die dabei zu überwindenden technischen Schwierigkeiten waren nicht gering. Erstens mußte das Gerät sehr klein und möglichst leicht sein. Dem kam man durch die Konstruktion besonderer Flugzeugtypen nach, deren Normalform — Sender und Empfänger umfassend — bei einer Reichweite von 150 km rund 9 kg wiegt. Für kleine Kampfeinsitzer wurde ein noch leichterer Apparat mit etwa 20 Kilometer Reichweite gebaut, für Riesenflugzeuge wieder eine schwerere Form, die über 300 Kilometer reicht. Ein ganz besonderes Studium erforderte die Frage der Energiequelle. Mit den anfänglich verwendeten Trockenelementen kam man nicht weit. Im Luftschiff treibt man eine Dynamo von den Motoren aus. Im Flugzeug ging das anfänglich nicht, da man die volle Motorleistung zum Fliegen brauchte. Den einfachen Ausweg — Antrieb einer kleinen Wechselstromdynamo durch eine besondere, sich im Fahrtwind drehende Luftschraube — auf den man schließlich kam, hat man heute wieder verlassen. Man zieht es vor, die Dynamo durch Vorgelege oder Koppelung vom Flugzeugmotor aus antreiben zu lassen, der inzwischen bei größerer Leistung längst leichter geworden ist. Eine große Störungsquelle bildete anfänglich das Propellergeräusch, das weder ein einwandfreies Senden, noch ein klares Empfangen zuließ. Schalldichte Zellen lassen sich auf gewöhnlichen Flugzeugen nicht einbauen. Also mußte man Ohr und Hörer schalldicht „koppeln". Und da sich bald herausstellte, daß für den Flieger die Wellentelephonie ein viel einfacheres Verständigungsmittel ist als das Telegraphieren von Morsezeichen, schlug man zwei Fliegen mit einer Klappe, baute die Flugzeugstationen so, daß man sowohl telephonieren wie telegraphieren kann, und schnallte dem Flieger zum Telephonieren als Sender ein schalldicht gekapseltes Mi-

Abb. 20. Flugzeugführer mit schalldicht gekapselten Hörempfängern und schalldicht eingebautem Mikrophon als Sender.

krophon vor Mund und Nase, so daß er, da an den Ohren schalldicht die Hörempfänger sitzen, nach Abb. 20 gerade noch die Augen frei behält. Eine derartige Ausrüstung kann man aber nur einem berufsmäßigen Flieger, nicht seinen Passagieren, zumuten. Deshalb ist man bei den großen Reiseflugzeugen schließlich doch dazu übergegangen, schalldichte Kabinen einzubauen, in denen der Fernsprecher an der Wand hängt wie in unseren Wohnräumen.

Einen anderen, sehr originellen Weg zum Empfang in lärmerfüllten Räumen, der sich auch für den Flugfunkdienst gut eignet und der dort auch vermutlich gelegentlich Verwendung finden wird, zeigt Abb. 21. Das Verfahren fußt auf einer von den Elektroinstallateuren oft benützten Tatsache: Man will feststellen, ob in einer Schwachstromleitung Strom fließt. Hat man kein Galvanoskop zur Hand, so legt man die blanken Enden der Leitung auf die Zunge. Führt die Leitung Strom, so spürt man ein eigentümliches salziges Prickeln, das beim Unterbrechen des Stromes sofort verschwindet. Es ist selbstverständlich, daß man auf diese Weise auch Morsezeichen „schmecken" kann. Und wenn man in den Detektorkreis eines Wellenempfängers statt des Fernhörers die kleine Vorrichtung schaltet, die Abb. 21 zeigt: zwei blanke Elektroden auf einer Hartgummiplatte, die man in den Mund stecken kann, so ist es ohne weiteres möglich, die ankommenden Wellenzüge statt mit dem Ohr mit der Zunge aufzunehmen. An sich sind die Detektorströme allerdings zu schwach, um diese Wirkung auszulösen. Die Anwendung des Verfahrens erfordert also die Einschaltung von Verstärkerröhren.

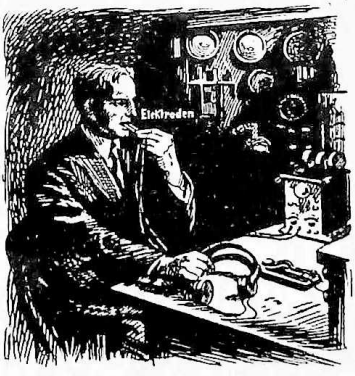


Abb. 21. Der Empfang elektrischer Wellen mit der Zunge durch „Schmecken" der Morsezeichen, ein amerikanischer Vorschlag zur Erleichterung des Empfangs in lärmerfüllten Räumen.

Eine andere Vorrichtung, die wir in Abb. 22 sehen, bezweckt, dem regelmäßig einen bestimmten Kurs bedienenden Flieger die Abgabe von drahtlosen Botschaften durch einen selbsttätig arbeitenden Apparat zu erleichtern. Die Einrichtung besteht aus einem Schaltbrett, das etwa 60 Stöpsellöcher trägt und neben diesen Löchern

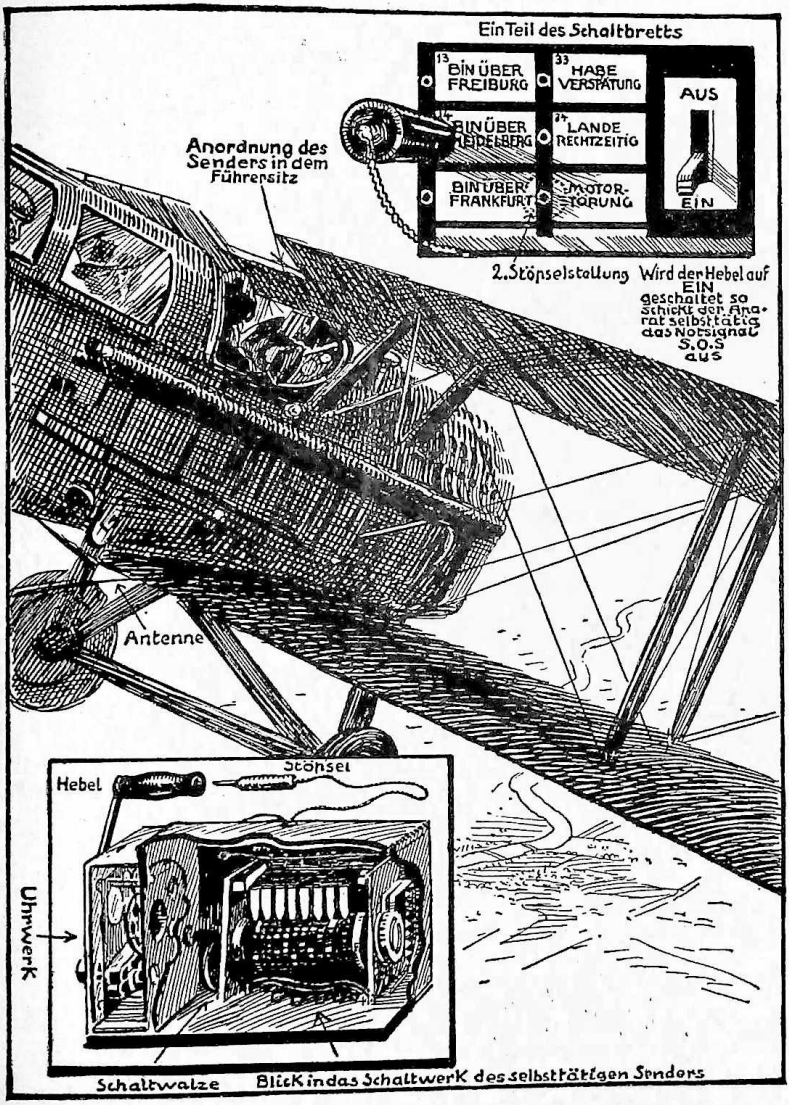


Abb. 22. Schematische Darstellung der Einrichtung zur selbsttätigen Abgabe von Meldungen im Flugfunkdienst.

kurze Nachrichten, vor allem Standortmeldungen, wie sie durch den betreffenden Kurs gegeben sind, Meldungen über Störungen, rechtzeitiges oder verspätetes Eintreffen usw. Jede dieser Nachrichten wiederholt sich auf einer durch ein Uhrwerk gedrehten Schaltwalze in der Stellung bestimmter Kontakte, durch die ein Sendestromkreis geschlossen und geöffnet werden kann. Wird der am Schaltbrett befestigte Stöpsel in eines der Löcher eingeführt und gleichzeitig die Schaltwalze mittels ihres Hebels zum Laufen gebracht, so schickt der Apparat die dem betr. Stöpselloch zugeordnete Nachricht selbsttätig in die Weite, und zwar immer von neuem, solange das Uhrwerk läuft, oder bis man den Stöpsel umsteckt und damit eine zweite Nachricht gibt. Ein besonderer Hebel am Schaltbrett gestattet, selbsttätig als Notsignal die Zeichen SOS (siehe S. 53) zu senden. Davon macht man besonders bei und nach Notlandungen Gebrauch. Die amerikanischen Erfinder dieses selbsttätigen Senders geben als dessen besonderen Vorzug an, daß er es dem Flieger erspart, die Morsezeichen zu lernen. Sie vergessen aber, daß es mit dem Senden allein nicht getan ist; man muß auch die Antwort aufnehmen können. Im übrigen hat man bei uns schon während des Krieges mit derartigen Apparaten gearbeitet, doch soll das Verfahren sich nicht bewährt haben. Ob das amerikanische System wirklich brauchbar ist, wird abzuwarten sein.

Der Nachrichtendienst ist aber auch in der Luft nur eine der zahlreichen Aufgaben, die die Radiotechnik zu lösen hat. Viel wichtiger ist ihre Tätigkeit zur Sicherung des Luftverkehrs, einesteils durch Unfallverhütung, zum anderen durch schnelles Herbeirufen von Hilfe, wenn ein Unfall eingetreten ist. Im ersten Sinne arbeitet namentlich die wellentelegraphische Ortsbestimmung, die das wichtigste Navigationsmittel für den künftigen Weltluftverkehr ist, da es nach dem augenblicklichen Stand der Technik für das bei Nacht, im Nebel und in oder über den Wolken (ohne Bodensicht) fliegende Flugzeug keine andere Möglichkeit gibt, den Flughafen sicher zu finden. Das Flugzeug bedient sich dabei der gleichen Methoden wie das Schiff; es läßt sich also entweder von zwei verschiedenen Bodenstationen aus gleichzeitig anpeilen und den dadurch ermittelten Flugort zufunken, oder es peilt selbst mittels des eigens zu diesem Zwecke gebauten Flugzeugrichtfinders bestimmte Bodenstationen an

und ermittelt aus dem gemessenen Winkel auf der Karte seinen Ort. Das letzte Verfahren ist das bessere, da auf diese Weise jederzeit beliebig viele Flugzeuge ihren Ort bestimmen können, ohne sich gegenseitig zu stören. Voraussetzung ist natürlich, daß alle größeren Flugplätze entsprechende Hafenstationen erhalten, die Tag und Nacht mit einer bestimmten Welle einen Kennbuchstaben funken. In England ist man im Begriff, ein enges Netz solcher Stationen über das ganze Land zu legen. Für Deutschland hat man schon 1912 den Plan eines Netzes von 50—100 Kilometer voneinander entfernten Grenz- und Küstenstationen entworfen, die ein unbeabsichtigtes Überfliegen der Grenzen und Küsten sicher verhindern und zugleich allen Luftfahrzeugen jederzeit die Feststellung ihres Flugorts ermöglichen sollten. Der Krieg hat die Verwirklichung dieser Gedanken, die gleichfalls nach internationaler Durchführung rufen, bisher verhindert.

Der wellentelegraphische Wetterdienst, der eine fortlaufende Orientierung der Flugzeuge über die augenblickliche und die voraussichtliche Wetterlage auf allen Strecken des künftigen Luftverkehrs bezweckt, steht an Wichtigkeit der Ortsbestimmung gleich. Diese Wettermeldungen (allgemeine Wetterlage, Windgeschwindigkeit, Wolken, Nebelhöhe, Sturmgefahr usw.), zu deren Abgabe in erster Linie die oben erwähnten Richtstationen in Frage kommen, sollen möglichst stündlich erfolgen; auf diese Weise wird der Flieger über bevorstehende Veränderungen des Wetters dauernd unterrichtet und kann nötigenfalls seinen Flug rechtzeitig unterbrechen.

Ein ausgiebiger Start- und Landungsmeldedienst ist eine weitere Aufgabe der Wellentelegraphie in der Luftfahrt, für die derartige Nachrichten das gleiche bedeuten, wie das Signalwesen und die Streckentelegraphie im Eisenbahnverkehr. Gegenwärtig ist von einer solchen Einrichtung angesichts des schwachen Luftverkehrs noch keine Rede. Sie wird unerläßlich sein, sobald er — frei von allen ihm jetzt noch anhängenden Fesseln — größeren Umfang annimmt. Die Flughäfen müssen dann miteinander und mit den Flugzeugen dauernd in Funkverbindung bleiben. Sichtzeichen, durch die man bisher die Flughäfen notdürftig gekennzeichnet hat, versagen auf größere Entfernung und bei unsichtigem Wetter. Sie sind auch einseitig, da sie nur den Flieger auf den Hafen hinweisen, während es notwendig ist, dem Flieger die Mög-

lichkeit zu verschaffen, den Hafen, den er aufsuchen will, rechtzeitig von der bevorstehenden Landung zu verständigen, worauf der Hafen imstande sein muß, dem Flieger mitzuteilen, ob der Landeplatz frei ist usw. Selbst ein Sicherungsverkehr der Flugzeuge unter sich wird mit der Zeit in Frage kommen, um auf viel befahrenen Luftstraßen Zusammenstößen vorzubeugen. Hier liegen für die Radiotechnik noch mancherlei schwierige und lohnende Aufgaben vor.

24.

Daß man nach den Erfolgen der Radiotechnik in der Luftfahrt bald daran dachte, auch Kraftwagen mit Einrichtungen zur Wellentelegraphie bzw. -telephonie zu versehen, ist selbstverständlich. Die praktische Bedeutung ist aber — abgesehen vom Kriege — in unseren Verhältnissen beschränkt, so daß eine allgemeine Einführung kaum in Frage kommt.

Wichtig ist dagegen die Anwendung der Wellentelephonie bei dem großen Bruder des Autos: der Eisenbahn. Auf den Gedanken, mit fahrenden Zügen in Verbindung zu treten, ist man schon früh gekommen. Die Ausführung wurde zuerst auf dem Wege der Leitungstelegraphie versucht, durch einen neben dem Gleis angebrachten Fahrdraht, auf dem, ähnlich wie bei der Straßenbahn, ein Kontakt schleifte. Das Ergebnis war unbefriedigend. Bei größerer Fahrgeschwindigkeit waren Unterbrechungen unvermeidlich; auch brachen die Kontakte häufig ab. Man blieb also bei den optischen Signalen, die heute überall in Gebrauch stehen, und nahm für den Notfall akustische Zeichen — Huppensignale und Platzpatronen — zu Hilfe, wenn man Gefahrmeldungen und dergleichen übermitteln wollte.

Alle diese Mittel haben jedoch den großen Nachteil, daß sie einseitig sind; sie teilen dem Zugpersonal einen Befehl mit, ohne daß kontrolliert werden kann, ob er verstanden wurde. Dem daraus folgenden Bedürfnis, mit dem Zugpersonal auf irgendeine Weise in wechselseitigen Verkehr zu treten, gesellt sich auf langen Reisen auch seitens der Passagiere, vor allem der Geschäftsleute, die Forderung nach telegraphischer oder telephonischer Verbindung mit dem „Lande" zu — eine Forderung, die besonders in den Vereinigten Staaten mit ihren riesigen Überlandstrecken sehr dringend geworden ist. Dort ist denn auch schon 1898 durch Edison versucht worden, die Aufgabe zu lösen. Und zwar auf dem Wege der sog.

Induktionstelegraphie, durch Ausnützung der bekannten Tatsache, daß jeder geschlossene Stromkreis, in dem ein Strom entsteht oder verschwindet, in einem benachbarten Stromkreis seinerseits Stromstöße hervorruft, eine Erscheinung, die sich sowohl zur Wiedergabe von Morsezeichen wie zur Übertragung von Sprechlauten ausnützen läßt. Auf dieser Grundlage ist später noch mehrfach eine Verbindung mit fahrenden Zügen versucht worden. Die bekannteste Einrichtung dieser Art ist das durch Abb. 23 veranschaulichte „Railophon" (vom engl. rail = Schiene, also etwa „Schienensprecher"), bei dem der Strecke entlang zwischen den Schienen ein Draht D verlegt ist, während der Wagen einen großen Drahtrahmen A trägt, in dessen Stromkreis ein Fernsprechapparat nebst einer Batterie eingeschaltet ist. Wird in das Mikrophon hineingesprochen, so entsteht in A ein Wechselstrom, der den Draht längs

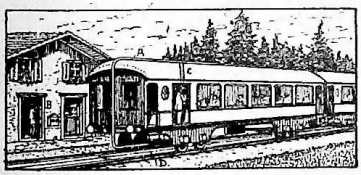


Abb. 23. Schematische Darstellung der Induktionstelephonie mit fahrenden Zügen; Erläuterung im Text.

Abb. 24. Schematische Darstellung der ersten „Telefunken"-Anlage zur Wellentelegraphie mit fahrenden Zügen; Erläuterung im Text.

der Strecke „induziert", d. h. sich darauf durch die ausgestrahlten Wellen überträgt, und an beliebigen Stellen dieses Drahtes — etwa in der Station B durch Fernhörer abgenommen werden kann. Umgekehrt kann man von beliebigen Stationen längs der Strecke aus auf den Draht D sprechen und so die Spule am fahrenden Zug erregen, die dann die aufgenommenen Zeichen an den Zugfernhörer weitergibt. Auf einer englischen Eisenbahnstrecke war das System eine Zeitlang im Betrieb. Dabei traten verschiedene Mängel auf, vor allem das „Mitsprechen" der übrigen Leitungen am Bahndamm und umgekehrt die Störung des darin sich abspielenden Verkehrs durch den Zugtelegraphen, die die weitere Verwendung scheitern ließen.

Mit der Einführung der Wellentelegraphie tauchte das Problem von neuem auf. Aber erst als man feststellte, daß die elektrischen Wellen der üblichen Sender die Eigenschaft haben, sich längs metallischen Leitern, also z. B. längs Schienensträngen, Telegraphenlei-

tungen usw., auf weit größere Entfernungen fortzupflanzen als durch die Luft und daß sie dabei den Drahtverkehr nicht stören, war der Weg gefunden, auf dem eine brauchbare Lösung sich ermöglichen ließ. Die erste derartige Anlage wurde um 1906 durch „Telefunken" auf der Militäreisenbahn Berlin—Zossen errichtet. Zur Übertragung der Wellen von den Bahnhofstationen aus auf die die Bahn begleitenden Telegraphenleitungen wurden etwa 40 m lange, parallel zu den Leitungen aufgehängte Kabel benützt. Die Eisenbahnwagen wurden zur Aufnahme der Wellen mit einer rings um das Dach laufenden Antenne versehen (Abb. 24). Bei diesen Versuchen gelang es, bis auf 12 km sichere Verständigung zu erzielen; bei anschließenden Versuchen auf den bayrischen Bahnen wurde die Reichweite noch erhöht. Man erkannte aber zugleich, daß die verwendeten Morseschreiber sich zum Betrieb in fahrenden Zügen nicht eignen, daß vielmehr nur der Hörempfang in Frage kam. Bei uns blieb die Sache dann liegen. Die Amerikaner aber griffen den Gedanken auf und rüsteten mehrere große Schnellzugslinien mit entsprechenden Apparaten aus, um den Passagieren während der Fahrt einen regelrechten Telegrammverkehr zu ermöglichen. Da es sich nur um die Übermittlung von Morseschrift handelte — die Wellentelephonie steckte damals noch in den Kinderschuhen —, waren dazu natürlich besondere Beamte nötig, die während der ganzen Fahrt mit umgeschnalltem Hörer dasitzen mußten, um einen etwaigen Anruf von draußen nicht zu versäumen. Durch die Einführung der Elektronenröhre hat sich das geändert. Heute ist erstens ein Anruf durch Klingel- oder Pfeifsignale und zweitens ein unmittelbarer Sprechverkehr seitens der Passagiere und des Zugpersonals möglich, so daß man also jeden Eisenbahnzug mit leichter Mühe in den allgemeinen Funkverkehr einordnen kann. Für die dicht bevölkerten Länder Europas mit ihrem engen Stationsnetz hat diese Tatsache aber nur geringe Bedeutung, weil jede Station die Möglichkeit bietet, Telegramme aufzugeben und zu empfangen. Die Ausnützung wird also zunächst auf dünn bevölkerte Länder, besonders auf die großen Kolonial- und Überlandbahnen, beschränkt bleiben, bis man einst in einer noch stärker mechanisierten Zeit den Fernsprecher im Eisenbahnwagen als selbstverständliche Bequemlichkeit fordern wird.

Dagegen ist das zweite Anwendungsgebiet: die Benützung im

Eisenbahnsicherungsdienst, auch für unsere Verhältnisse von grundlegender Bedeutung. Wird durch die neuen, äußerst handlichen Stationen für drahtlose Telephonie unter Ausnützung der Wellenfortpflanzung längs den Schienen doch die Möglichkeit geschaffen, die Streckenwärter, Stellwerke, Bahnhöfe usw. drahtlos miteinander und mit den fahrenden Zügen zu verbinden, wodurch die komplizierten Diensttelegraphenanlagen mit ihren hohen Anforderungen an die Schulung des Personals zu einem guten Teile überflüssig werden. In engstem Zusammenhang damit steht die Unterstützung und Ergänzung der jetzigen optischen Streckensignale durch auf dem Wellenweg übermittelte. In dem Sinne, daß auf dem Führerstand der Lokomotive Zeichen ausgelöst werden, die den Führer auf das kommende optische Signal aufmerksam machen und dessen unbeabsichtigtes Überfahren verhüten. Eine derartige, sehr vollkommene Einrichtung ist kürzlich von „Telefunken" geschaffen worden (vgl. Abb. 25). Sie erfordert keine Sendeeinrichtungen auf den durchfahrenen Stationen, sondern arbeitet mit einem auf der Lokomotive angebrachten selbsttätigen Sender, der durch eine unter der Maschine angeordnete Rahmenantenne A Wellen in der Richtung nach dem Bahnkörper zu ausstrahlt. An allen Stellen des Bahnkörpers, wo ein Signal nach dem Zuge zu gegeben werden soll, befinden sich zwischen den Schienen auf die Sendewelle abgestimmte Schwingungskreise E, die gleichfalls eine Rahmenantenne enthalten. Bei der Vorüberfahrt an einem solchen Empfangskreis wird dem strahlenden Sender Energie entnommen. Dadurch wird der im Lokomotivstromkreis fließende Strom geschwächt und ein Relais D betätigt, das seinerseits die Alarmvorrichtung — bestehend aus einer Hupe B und einem Lichtzeichen L — zum Ansprechen bringt. Abb. 25 II zeigt die Anordnung im Führerstand. Durch Druck auf

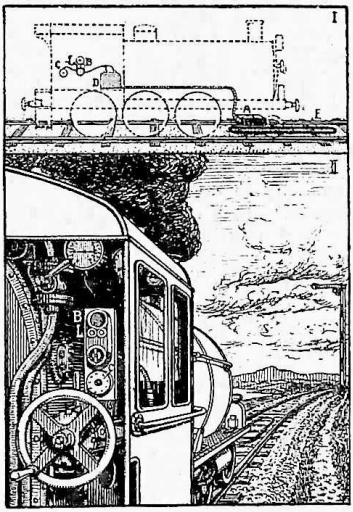


Abb. 25. Schematische Darstellung der „Telefunken"-Einrichtung zur drahtlosen Ankündigung der Stellung von Eisenbahnsignalen auf der Lokomotive.

den unter dem Zeichengeber angeordneten Knopf C lösch der Führer das Lichtsignal, wodurch er gleichzeitig den richtigen Empfang bestätigt.

25.

So ziemlich jeder Kulturmensch hat in den letzten Jahren des öfteren leise oder laut geflucht, weil er auf eine Fernsprechverbindung nach außerhalb oft stundenlang warten mußte. Und noch mehr Leute haben sich über die entsetzliche Verspätung aller Telegramme erregt, kamen doch gleichzeitig aufgegebene Briefe oft früher in die Hände des Empfängers. Die Frage nach dem Grund brachte die stereotype Antwort: Überlastung der Leitungen! Während des Krieges hat sich der Telegramm- und Fernsprechverkehr um ein Vielfaches der Friedenszeit gegenüber gesteigert. In normalen Zeiten hätte man das Leitungsnetz im gleichen Maßstab ausgebaut. Das dazu nötige Material war nicht zu erhalten. Auch fehlten die geschulten Leute. Also blieb das Netz auf dem Friedensstand, der oft sogar angesichts der Abnutzung vieler Apparate nicht aufrecht erhalten werden konnte, während die Beanspruchung ständig zunahm. Dieses Verkehrselend herrscht heute in allen kriegführenden Ländern. Es zu beseitigen, würde noch auf lange Zeit hinaus wenigstens in den unterlegenen Staaten keine Aussicht sein, wenn nicht die Radiotechnik auch hier zu Hilfe käme. Diesmal durch die Erscheinung, die ich schon oben erwähnte: daß die elektrischen Wellen sich — auf eine Leitung übertragen — längs dieser Leitung fortpflanzen, ohne abzuirren und die darin verlaufenden Ströme zu stören. Die praktische Bedeutung? Man kann über eine Leitung zunächst in der gewöhnlichen Weise telegraphieren oder sprechen und gleichzeitig ein zweites Gespräch oder Telegramm mittels elektrischer Wellen die Leitung entlang schicken, um es an irgendeiner beliebigen Stelle abzunehmen und einem entsprechend eingerichteten Empfänger zuzuleiten. Dabei kann dieses zweite Gespräch von einem gewöhnlichen Fernsprechapparat aus geführt werden; seine Verbindung mit dem Wellensender zwecks „Überlagerung" der Sprechströme auf die Wellen geschieht auf dem Vermittlungsamt und ebenso auf dem Empfangsamt die Verbindung des Wellenempfängers mit der Sprechstation des angerufenen Empfängers. Soll nicht gesprochen, sondern telegraphiert werden, so werden die gewöhnlichen Sende- und Empfangs-

apparate sinngemäß durch Leitungen an den Wellensender und -empfänger angeschlossen. Im ganzen bedeutet diese Erfindung gewissermaßen eine Verdoppelung des vorhandenen Leitungsnetzes. Aber damit hat man sich nicht begnügt. Wir wissen, daß die Wellenzüge, die — von den Sendestationen ausgestrahlt — den Äther durchkreuzen, einander nicht stören, sobald die Wellenlängen verschieden sind. Ebensowenig stören sich Wellen verschiedener Länge, die man über eine gemeinsame Leitung schickt. Sie laufen gewissermaßen säuberlich getrennt am Draht entlang und betätigen jede für sich nur den Empfänger, der auf ihre Wellenlänge abgestimmt ist. Das heißt nichts anderes, als daß man theoretisch unendlich viele Gespräche (oder Telegramme) über eine Leitung schicken kann, mit der Möglichkeit, das eine — wenn die Leitung z. B. von Basel nach Düsseldorf geht — etwa in Freiburg, das nächste in Heidelberg, das dritte in Karlsruhe, ein viertes in Bonn, das fünfte in Düsseldorf abzunehmen und weitere über Düsseldorf hinaus auf neue sich beliebig verzweigende Leitungen zu übertragen. In der Praxis wird das theoretische „unendlich viel" natürlich durch mancherlei Umstände — schon durch die Kosten der erforderlichen Einrichtungen — begrenzt. Immerhin ist man heute so weit, daß man insgesamt sieben Gespräche (oder Telegramme) gleichzeitig über eine Leitung schicken kann, wobei es gleichgültig ist, ob der eine in dieser, der andere in jener Richtung spricht. Mit dem Ausbau dieser „Hochfrequenztelegraphie und -telephonie längs Leitungen", wie man das Verfahren zum Unterschied von der eigentlichen Wellentelegraphie und -telephonie nennt, ist man gegenwärtig in Deutschland eifrig beschäftigt. Fürs erste ist die Schaffung von 50 Hochfrequenzverbindungen zwischen den Hauptverkehrszentren vorgesehen, von denen ein Teil sich schon im Betrieb befindet.

26.

Bei Untersuchungen über die Fortpflanzung der elektrischen Wellen durch die Atmosphäre beobachtete man, daß sie sich darin nur dann ungehindert ausbreiten können, wenn die Lufthülle nichtleitend ist. Verschiedene Ursachen (insbesondere der von den oberen Schichten der Atmosphäre absorbierte kurzwellige [ultraviolette] Teil der Sonnenstrahlung sowie die in der Erdrinde enthaltenen radioaktiven Substanzen mit ihrer Elektronenstrahlung)

bewirken aber, daß die Luft stellenweise — namentlich in großen Höhen — und zu bestimmten Tageszeiten eine gewisse Leitfähigkeit erlangt; dadurch wird die Reichweite der Wellen unter Umständen stark vermindert*) und der Verkehr auch sonst gehemmt. Um die Wellentelegraphie von diesen Störungen unabhängig zu machen, schlugen Leimbach und Löwy 1909 vor, die elektrischen Wellen nicht mehr durch die Atmosphäre, sondern durch die unter dem Grundwasserspiegel liegende, die ganze Erde umziehende, trockene und daher nichtleitende Gesteinsschicht zu schicken. Die Versuche, diesen Gedanken in die Praxis umzusetzen, hatten ein ganz unerwartetes Ergebnis.

Man entdeckte dabei nämlich, daß es möglich ist, auf das Verhalten der Wellen gegenüber leitenden und nichtleitenden Bestandteilen der Bodenschichten Verfahren zur Erforschung der Erdrinde zu gründen, die schon in vielen Fällen, besonders im Bergbau, ihre praktische Brauchbarkeit bewiesen haben. Die anzuwendenden Methoden sind je nach dem verfolgten Zwecke verschieden. Eine der einfachsten arbeitet mit zwei nach Abb. 26 in einer Geraden angeordneten Stationen, die so eingerichtet sind, daß die Wellen nur in der Richtung der gestrichelten Pfeile ausgestrahlt bzw. aufgenommen werden. Können die Wellen sich ungehindert fortpflanzen — das ist bei der Aufstellung in einem Bergwerkstollen der Fall, wenn sie nur nichtleitendes Gestein zu durchsetzen haben —, dann beeinflußt die eine Sendestation die andere nicht. Treffen die Wellen aber irgendwo im Erdinnern auf eine leitende Schicht — etwa eine Erzader, einen Wasserlauf, auf feuchtes Gestein usw. —, so werden sie daran gebrochen (genau wie ein Lichtstrahl an einem Spiegel) und dadurch der anderen Station zugelenkt, die dann plötzlich anspricht. Das Verfahren ist durch seine Erfinder in jahrelanger praktischer Arbeit so weit durchgebildet worden, daß es sich heute in mannigfachster Weise verwenden läßt. Beispielsweise im Kalibergbau zur Feststellung, ob das Gebirge zwischen zwei Werken wasser- bzw. laugenfrei ist und also sicher durchfahren werden kann, wenn die Berggesetzgebung einen entsprechenden Durchschlag fordert, um für jedes Werk einen Notausgang zu schaffen. Da man dabei oft weite Strecken noch ganz unbekannten Gebirges durchörtern muß, ist eine solche Vorunter-

*) Bekannt ist die Erscheinung, daß die Reichweite während der Nacht allgemein bedeutend größer ist als tagsüber.

suchung von den beiderseitigen Strecken aus von größter Wichtigkeit. Auch im Innern der Kaliwerke wird das Verfahren zur Untersuchung kleiner gestörter Gebirgsteile verwendet. Es gibt da oft alte, von der Erdoberfläche aus niedergebrachte Schürfbohrlöcher, in denen Süßwasser nach unten dringen kann; um solche wasserführende Bohrlöcher herum muß man unbedingt genügend mächtige Sicherheitspfeiler stehen lassen, wenn man nicht unter Um-

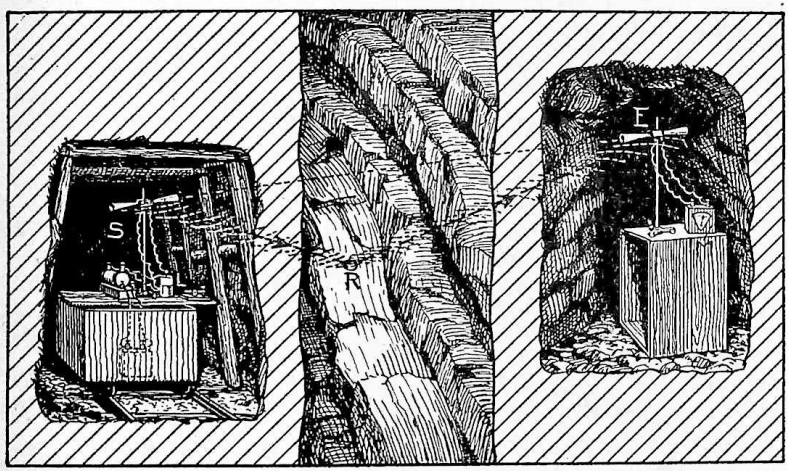


Abb. 26. Schematische Darstellung des Verfahrens zur Erforschung des Erdinnern durch elektrische Wellen.

ständen die ganze Anlage gefährden will. Die Lage der Störenfriede ist aber oft nur ungenügend bekannt, auch kann ihre Richtung, namentlich wenn die Bohrung sehr lange Zeit zurückliegt, häufig beträchtlich von der Senkrechten abweichen. Deshalb ist es von hohem Wert, daß das Wellenverfahren die Möglichkeit bietet, ihre Lage und Beschaffenheit von unter Tage aus, ohne sich ihnen nähern zu müssen, genau zu bestimmen.

In ganz entsprechender Weise kann man ein Massiv nichtleitender Gesteine auf etwa in ihm enthaltene ausgedehntere Erzlager untersuchen, indem man an einigen geeignet verteilten Stellen Bohrungen niederbringt, in die man die Sende- bzw. Empfangssysteme für elektrische Wellen einhängt. Durch Ausnutzung entsprechender Kombinationen von Bohrlochpaaren läßt sich ein Bild über die Verteilung der Erzführungen gewinnen.

Eine große Anzahl praktisch wichtiger Anwendungen ergibt sich weiterhin beim Aufsuchen von Grundwasser (Feststellung des Vorhandenseins und der Tiefenlage), beim Abteufen von Schächten nach dem Gefrier- oder Zementierverfahren, beim Abdichten von Wasserzuflüssen in Bergwerken und beim Aufsuchen von Lagerstätten aller möglichen Stoffe, die sich in ihren elektrischen Eigenschaften unterscheiden. Das einfache Reflexionsverfahren, das ich oben schilderte, reicht dabei oft nicht aus, so daß für Sonderfälle eigene Verfahren ausgebildet worden sind. Auch auf diesem wichtigen Gebiet wird die Radiotechnik erst in Zukunft ihre ganze Leistungsfähigkeit zeigen.

27.

Vor ein paar Jahren kamen unsere Varietés mit einer neuen Nummer heraus. Im Zirkus Busch in Berlin war sie zuerst zu sehen. „Das geheimnisvolle Luftschiff" stand auf den Anschlagsäulen. Die Erläuterung „Ein neues Wunder der Elektrizität" verklärte die Sache mit einem mystischen Schein von ernster Wissenschaft. Ließ man sich locken, so sah man, wenn man den Zuschauerraum betrat, hoch in der Luft über der Manege ein 3½ m langes Luftschiff schweben. Es stand regungslos im kalten Licht der Bogenlampen, bis seine Nummer an die Reihe kam. Dann gewann es auf einmal Leben. Es fuhr vorwärts und rückwärts, führte Schwenkungen aus, kam herab, streifte dicht an den Zuschauern vorbei, stieg wieder hoch, ließ Sprengstoffe fallen, die plötzlich detonierten, alles, ohne daß eine Menschenseele an Bord zu sehen war. Dafür stand unten in der Manege ein Tischchen mit allerlei Apparaten. Dahinter ein Mann, der bald diesen, bald jenen Hebel rückte. Wenn man genau zusah, merkte man, daß das Luftschiff Befehlen gehorchte, die es von diesem Tischchen erhielt. Es wurde vom Boden aus drahtlos durch elektrische Wellen gelenkt.

Das Ganze war die artistische Auswertung eines technischen Fortschritts, den wir dem Nürnberger Lehrer Christoph Wirth verdanken. Wirth ist es als erstem gelungen, das große Problem der drahtlosen Fernlenkung zu lösen. Die Aufgabe heißt: Durch elektrische Wellen an fernen Orten Maschinen in Tätigkeit zu setzen. Wirth selbst hat seine Erfindung durch ein unbemanntes Motorboot demonstriert, das im Sommer 1911 auf dem Dutzend-

teich bei Nürnberg und auf dem Wannsee bei Berlin zu sehen war. Der Kapitän stand mit seinen Apparaten am Ufer. Das Boot schwamm draußen, weit von ihm entfernt. Aber es folgte jedem Befehl, den es vom Lande erhielt. Es schwenkte nach rechts, es wendete sich nach links, es fuhr Kreise, gab Warnungssignale ab, stoppte; die Maschine lief wieder an, Schüsse krachten, kurz, es tat genau wie das Luftschiff alles, was man ihm aus der Ferne befahl. Des Rätsels Lösung ist einfach. An Bord des Bootes waren einige kleine Elektromotoren und eine starke Sammlerbatterie aufgestellt. Jeder Motor hat seine besondere Aufgabe. Der eine betätigt das Steuerruder, der zweite stoppt die Maschine und wirft sie wieder an, der dritte treibt eine Sirene usf. Mit Hilfe eines mehrteiligen Schaltrades, das die vom Ufer kommenden elektrischen Wellen drehen, kann ein Motor nach dem andern eingeschaltet werden. Aber die betreffende Funktion wird nur ausgelöst, wenn das Schaltrad mindestens 15 Sekunden auf dem zugehörigen Motorkontakt stehen bleibt. Durch schnelles Hinübergleiten von einem Kontakt zum nächsten kann man also die gerade nicht gebrauchten Funktionen auslassen und die Motoren in jeder beliebigen Reihenfolge ein- und ausschalten. Die Betätigung des Schaltrades ist alles, was die elektrischen Wellen leisten. Das übrige besorgt die Sammlerbatterie, die die Motoren mit Strom versieht.

Soviel über die technische Seite der Sache, die nicht viel neues bietet. Das Wichtige ist die Tatsache, daß man ein Luftschiff, ein Boot von fernher lenken kann. Selbstverständlich ist es gleichgültig, ob dieses Boot auf oder unter dem Wasser fährt, sofern nur die Möglichkeit vorhanden ist, die Wellen aufzufangen und ihre Energie zu verwerten. Folglich — sagte schon Wirth — kann man fernlenkbare U-Boote bauen, die keiner Bemannung bedürfen. Wir hörten, daß man an Bord des Bootes von fernher Geschütze abfeuern kann. Schicken wir also das U-Boot mit geladenen Torpedorohren hinaus, so können wir die Torpedos im richtigen Augenblick von irgendwoher, beispielsweise von einem hoch in den Wolken schwebenden Luftschiff aus, ausstoßen lassen. Auch kann man die Torpedos selber drahtlos lenken.

Ein anderer Fall. Im Kriege ist ein feindlicher Hafen zu sperren. Dazu werden in der Einfahrt Schiffe versenkt. Heute muß man diese Schiffe mit Freiwilligen bemannen, die fast alle dem sicheren Tode entgegengehen. Rüstet man die Schiffe aber

mit Fernlenkapparaten aus, so kann man sie von weither an die richtige Stelle steuern und dort durch Fernexplosion versenken, ohne daß ein Mann sie zu begleiten braucht.

Das Thema ließe sich weiter spinnen, doch die angeführten Beispiele genügen. Es scheint, daß das ganze Gebiet während des Krieges gerade von deutscher Seite sorgsam bearbeitet worden ist, aber die Nachrichten darüber sind spärlich. In „Technik und Wehrmacht" wurde gelegentlich festgestellt, daß von einem Flugzeug aus gesteuerte Fernlenkboote mit nachhaltigem Erfolg zum Angriff gegen feindliche Kriegsschiffe eingesetzt worden seien. Von anderer Seite wurde kürzlich über die Erprobung drahtlos gesteuerter Flugzeuge in den Vereinigten Staaten berichtet. Man soll dort nach einer Mitteilung des Kriegsamts eine Einrichtung erfunden haben, mit deren Hilfe Flugzeuge ohne Führer Strecken von über 150 km überfliegen und an einer bestimmten Stelle landen können. Auch Frankreich hat — hört man — Versuche gleicher Art mit gutem Erfolg durchgeführt. Die Fernlenkung von Torpedos ist nach dem Bericht eines „Telefunken"-Ingenieurs während des Krieges in Pola von den Österreichern ausprobiert worden. Die Lösung der Aufgabe erwies sich dabei letzten Endes als eine Antennenfrage. Man mußte besondere, aus beweglichen Gliedern bestehende, auf dem Wasser schwimmende Antennen ziemlich großer Länge bauen. Nach deren Einführung gelangen die Versuche — heißt es — vorzüglich.

28.

Die Bedeutung der ganzen Frage geht indessen über diese Kriegsverwendungen weit hinaus. Drahtlos gesteuerte, pilotenlose Flugzeuge könnten auch für den künftigen Luftverkehr, speziell als Post- und Lastflugzeuge, wertvoll sein, weil etwaige Unfälle dann nur Material, kein Menschenleben, bedrohen. „Luftrohrpostlinien", auf denen ganz kleine, drahtlos gelenkte Luftfahrzeuge Briefe und kleine Pakete mit größter Beschleunigung befördern würden, sind gleichfalls schon vorgeschlagen worden. Aber das alles faßt das Problem nicht an der Wurzel. Wir wissen, daß unsere Kohlenlager in absehbarer Zeit ihrer Erschöpfung entgegen gehen und daß die Wasserkräfte zur Deckung des Weltenergiebedarfs nicht entfernt ausreichen. Versuche, durch Erschließung anderer Energiequellen Ersatz zu schaffen, sind zahlreich im Gange. Am aussichts-

reichsten erscheint bis jetzt die Verwertung der Sonnenenergie, die sich aber nur in bestimmten tropischen Gebieten mit großer Strahlungsstärke und zahlreichen Sonnentagen wirtschaftlich durchführen läßt. Gerade diese Eigenschaften aber machen die gleichen Gebiete für Industriezwecke rundweg untauglich, weil in dem dadurch gegebenen Klima intensive geistige und körperliche Arbeit unmöglich ist. Ausgiebige Industriearbeit ist — scheint es — an ein Klima, wie wir es in Mitteleuropa und in den auf der gleichen Breite liegenden Unionsstaaten haben, gebunden. Also müssen die jetzigen Industriezentren beibehalten und die in den Tropen erzeugten Energiemengen ihnen zugeleitet werden. Deren Umwandlung in Elektrizität ist gegeben, weil sie die Energieform ist, die sich am bequemsten transportieren und am ausgiebigsten verwenden läßt. Aber die Übertragung durch Leitungen oder Kabel kommt auf solche Entfernungen und angesichts der gewaltigen Mengen nicht in Frage. Also Übertragung ohne Leitung, auf dem Ätherweg, in Form elektrischer Wellen. Der Entscheid ist schnell getroffen, aber die Ausführung mit unseren heutigen Mitteln unmöglich. Von den 450 Kilowatt, die beispielsweise Nauen dauernd ausstrahlt, kommt nämlich in den Empfängern nur ein ganz winziger Bruchteil zur Wirkung — deshalb müssen die Empfangseinrichtungen ja so empfindlich sein — alles andere geht auf dem Wege durch die Atmosphäre verloren. In der gewöhnlichen Weise geht die Sache also nicht. Man wird ganz neue Wege auskundschaften müssen, um das Ziel zu erreichen. Beachtung verdient in dieser Beziehung ein amerikanischer Vorschlag, dem eine gute Grundlage nicht abzusprechen ist. Ich sagte weiter oben, daß die Atmosphäre in großen Höhen leitend ist, und zwar durch den dort absorbierten kurzwelligen (ultravioletten) Teil der Sonnenstrahlung, der die unsere Lufthülle zusammensetzenden Gase „ionisiert". Nun wissen wir, daß elektrische Wellen, die auf einen Leiter treffen, darin einen elektrischen Strom erzeugen, sobald der Leitungskreis geschlossen ist. Das gilt natürlich nicht nur für metallische, sondern auch für gasförmige Leiter. Also braucht man nur jenem leitenden Gasgürtel der Erde an irgendeiner Stelle elektrische Wellen zuzuführen und an einer beliebigen anderen Stelle eine Rückleitung zur Erde schaffen, um sofort einen elektrischen Strom zur Verfügung zu haben, der sich durch Anzapfung der Rückleitung beliebig verwerten läßt. Die Stärke des Stromes

hängt von der am Sendeort ausgestrahlten Energiemenge ab. Leitungsverluste kommen nicht in Betracht, da der die Leitung bewirkende ionisierte Gasgürtel einen Leiter von so gewaltigem Querschnitt darstellt, daß sein Leitungswiderstand unendlich klein ist. Aber wie soll man die leitende Luftschicht, die mindestens 16 bis 20 km über der Erdoberfläche liegt, erreichen? Metallische Antennen von solcher Höhe zu bauen, ist technisch nicht möglich. Aber „Gasantennen", leitende Gassäulen, die von der Erde aus die ionisierte Zone anschneiden, kann man vielleicht schaffen. Dazu würden am Sende- und Empfangsort mächtige Bogen- oder Quecksilber-Dampflampen, deren Licht reich an ultravioletten Strahlen ist, so aufzustellen sein, daß sie ihr Licht senkrecht nach oben werfen. Aus der nichtleitenden Luftschicht wird dadurch ein Zylinder „herausgeschnitten", den die Strahlen ionisieren oder leitend machen. Führt man dann diesem Strahlenbündel die zu übertragenden elektrischen Schwingungen zu — etwa dadurch, daß man in den Strahlengang einen siebartig durchbrochenen Metallschirm einschaltet, der mit dem Wellensender verbunden ist — so wandern die Schwingungen, in elektrische Ströme umgesetzt, durch das Strahlenbündel in die Leitschicht und können von dort in derselben Weise wieder entnommen werden. Der Vorschlag, den Abb. 27 bildlich darstellt, erscheint auf den ersten Blick bestechend einfach. Leider hat der Erfinder die nicht ganz unwichtige Frage nicht geprüft, welche Energiemengen erforderlich sind, um ein Bündel ultravioletter Strahlen entsprechender Dicke 20 km weit durch die Atmosphäre zu schicken, die an sich die hier höchst unerwünschte Eigenschaft hat, ultraviolette Strahlen stark zu absorbieren. An dieser Tatsache wird der kühne Gedanke, in nüchterne Rechnungen umgesetzt, wahrscheinlich gründlich zerschellen.

29.

Noch ein zweiter technischer Traum beschäftigt seit langem die Forschung lebhaft: die Frage, ob das Pflanzenwachstum durch Elektrizität gefördert werden kann, ob sich also auf diese Weise eine Steigerung der Ernten erreichen läßt. Da bei den zahlreichen praktischen Versuchen, die man auf diesem Gebiet bereits angestellt hat, Hochfrequenzströme, d. h. elektrische Schwingungen, die Hauptrolle spielen, müssen wir auch dieses Problem wenigstens kurz betrachten. Angeschnitten wurde es zum ersten Male im Jahre 1747

durch den französischen Physiker Nollet. Zu gründlichen Untersuchungen fühlte sich aber erst der schwedische Physiker Lemström bewogen, der im Jahre 1902 auf Reisen in der Polargegend bemerkte, daß Roggen und Gerste trotz des kurzen Sommers in jenen Ländern eine weit schnellere Entwicklung zeigen, als in unsern Breiten. Die Erklärung, die die Wissenschaft für diese Tatsache gab, daß nämlich die längere Dauer des Sommer-

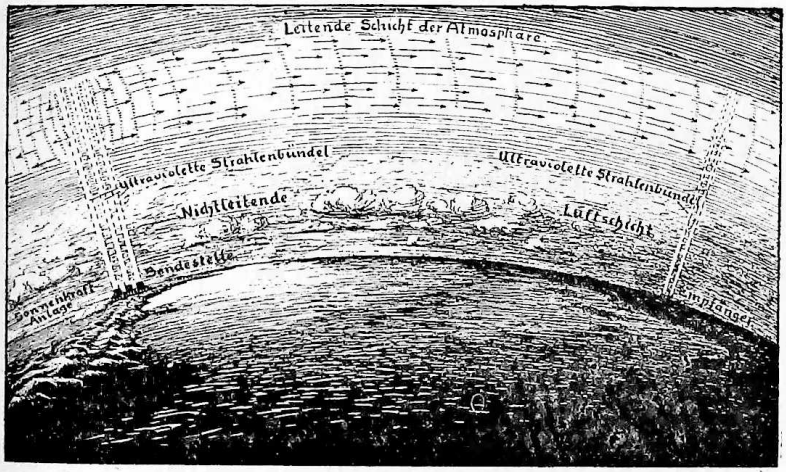


Abb. 27. Schematische Darstellung der Energieübertragung durch elektrische Wellen in der leitenden Außenschicht unserer Atmosphäre.

tags die Ursache der früheren Reife sei, befriedigte Lemström nicht. Er sagte sich mit Recht, daß die dem Boden zugeführte Gesamtmenge an Licht und Wärme trotz der zeitlich längeren Bestrahlung im hohen Norden viel geringer ist, als etwa in Norddeutschland, wo z. B. die Gerste 11—12 Tage mehr zur Reife braucht als im nördlichsten Norwegen, und verfiel beim Suchen nach anderen Ursachen schließlich darauf, daß vielleicht die atmosphärische Elektrizität im Spiele sei, da jene Gegenden ja besonders reich an luftelektrischen Entladungen — man denke an die Nordlichter — sind. Diese Vermutung erhielt eine wesentliche Stütze durch die Entdeckung, daß außerordentlich viele Pflanzen jener Gebiete allerlei spitzige Anhängsel (Grannen, lange Blattspitzen usw.) besitzen, natürliche Antennen, die vortrefflich geeignet erscheinen, Elektrizität aus der Atmosphäre aufzusaugen und den Ausgleich elektrischer Span-

nungsunterschiede zwischen Luft und Boden zu fördern. Lemström beeilte sich, seine Gedanken der Prüfung durch den Versuch zu unterwerfen, zunächst im kleinen, indem er Getreide und andere Kulturpflanzen in Töpfen unter einem Drahtnetz zog, das mit dem positiven Pol einer Influenzmaschine verbunden war, deren negativer Pol an der in den Töpfen befindlichen Erde lag, sodann — als der Ausfall günstig war, — im großen, auf einem Ackerfeld von 3¼ ha, das er 40 cm über dem Boden mit einem engmaschigen Drahtgeflecht überzog. Eine große Elektrisiermaschine schickte in gewissen Zwischenräumen ihre Energie in das Netz, das die ihm zugeführten hochgespannten Wechselströme in Form elektrischer Wellen der Erde und den Pflanzen zustrahlte.

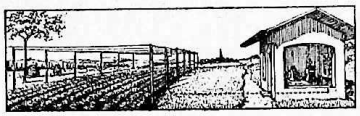


Abb. 28. Schematische Darstellung der Elektrokultur mittels Hochfrequenzströmen.

Anerkennung seiner Ideen war Lemström trotz unbestreitbarer Erfolge nicht beschieden; der Tod raffte ihn mitten in eifriger Arbeit hinweg. Aber die Samenkörner, die der Forscher durch seine Berichte ausgesät hatte, gingen auf und trugen reiche Frucht. Der erste, der in Lemströms Fußstapfen trat, war der englische Physiker Oliver Lodge, der sich zusammen mit Newman, einem Elektroingenieur, vor allem des praktischen Ausbaus der Sache — Ersatz des kostspieligen Netzes durch Einzeldrähte, Verwendung von Hochfrequenzstrom an Stelle der Elektrisiermaschine usw. — befliß. Andere Forscher folgten mit verschiedenen neuen Verfahren nach, und schließlich ergab sich einwandfrei, daß Hochfrequenzströme, die etwa in der durch Abb. 28 veranschaulichten Weise den Pflanzen zugeführt werden, tatsächlich das Wachstum in günstiger Weise beeinflussen. Die Frage nach der Ursache wird verschieden beantwortet. Am einleuchtendsten ist eine Erklärung, die von der Tatsache ausgeht, daß die der „Elektrokultur" unterworfenen Pflanzen bedeutend mehr Wasser verdunsten als andere (so daß die Elektrokultur überhaupt nur auf feuchtem Boden gelingt) und daraus den Schluß zieht, daß die Elektrisierung eine Erhöhung der Atmung bewirkt, die ein schnelleres Heranschaffen der Nährsalze, d. h. eine stärkere Ernährung, zur Folge hat. Zugleich nimmt man an, daß die Nährstoffe des Bodens durch die

Elektrisierung aufgeschlossen und in einen für die Aufnahme durch die Pflanze besonders geeigneten Zustand gebracht werden.

Thorne-Baker, ein englischer Physiker, hat ähnliche Elektrokulturversuche mit Tieren, vor allem mit jungen Hühnchen, angestellt; er meint, das von ihm behauptete günstige Ergebnis seiner Versuche sei durch eine Beschleunigung des Blutkreislaufes bewirkt, die eine Beschleunigung der Nahrungszufuhr zur Folge habe. Die Klarlegung der hier wirkenden Faktoren ist Aufgabe der Physiologie, deren Untersuchungen die endgültige Lösung des Problems offensichtlich sehr beschleunigen könnten.

Diese Lösung wird nach den bis jetzt vorliegenden Erfahrungen vor allem für den gewerbsmäßigen Garten- und Gemüsebau von Wichtigkeit sein, weil es sich dort meist um verhältnismäßig kleine Flächen handelt, die bei sorgfältiger Pflege hohe Erträge abwerfen sollen. Die elektrischen Anlagen brauchen nicht sehr groß zu sein und sind billig einzurichten und zu betreiben. Auch macht die an trocknen Tagen nötige Berieselung des Bodens keine nennenswerten Schwierigkeiten. Beim Ackerbau aber schließt schon diese Forderung einen wirtschaftlichen Elektrokulturbetrieb nach unsern heutigen Erfahrungen vollkommen aus, denn die dafür aufzuwendenden Kosten werden selbst durch sehr bedeutende Steigerungen des Ertrags nicht mehr aufgewogen. Das Schlagwort von der Umwandlung der Landwirtschaft in einen Zweig der Elektrotechnik, das bei den ersten Berichten von den Erfolgen der Elektrokultur in Frankreich geprägt worden ist, wird sich also kaum verwirklichen lassen, obwohl die damit verknüpfte Aussicht, den Ackerbau aus dem von allen möglichen, unserm Einfluß entzogenen Umständen abhängigen Betrieb von heute zu einer sicheren Industrie zu machen, ein des Schweißes unserer Edelsten würdiger Zukunftstraum ist.

Die Darstellung der Radiotechnik, die hier das ganze Gebiet in seinen weitverzweigten Beziehungen zeigte und damit die außerordentliche Bedeutung für Wirtschaft und Verkehr aufwies, findet nach der technischen Seite hin ihre Ergänzung in dem Werk: Hanns Günther, Wellentelegraphie. Ein radiotechnisches Praktikum. 110 Seiten mit 61 Abbildungen. (Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart.)

Alle Rechte, besonders das Übersetzungsrecht, vorbehalten. Für die Vereinigten Staaten von Nordamerika: Copyright 1921 by Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart. Gedruckt von der Stuttgarter Setzmaschinen-Druckerei Holzinger & Co., Stuttgart.

Inhalt

	Seite
1. Der Kabelraub und das Reichsfunknetz	5
2. Weltfunknetzpläne	7
3. Nauen	8
4. Die Kostenfrage	10
5. Maxwell und die elektromagnetische Lichttheorie	12
6. Hertz und die elektrischen Wellen	14
7. Marconi und das Knallfunkensystem	18
8. Die Fünf in der Kiste auf Lavernock Point: Der erste praktische Versuch	22
9. England erstrebt ein Weltmonopol	23
10 Deutschland nimmt den Kampf auf	24
11. Eiffelturm stört	26
12. Braun, Wien und „Telefunken"	30
13. Poulsen und die Wellentelephonie	32
14. Die Hochfrequenzmaschine	36
15. Elektronenröhre und Rahmenantenne	37
16. Vielfachtelegraphie und Sendestadt	38
17. Funkpressedienst	42
18. Zeitsignale	44
19. Radiotechnik und Landesvermessung	46
20. Schiffahrt und Wellentelegraphie	47
21. Seewetterdienst — Der drahtlose Kompaß	49
22 Lotsendienst durch elektrische Wellen	53
23. Luftfahrt und Wellentelegraphie	55
24. Eisenbahndienst, Kraftwagen und Wellentelegraphie	62
25. Sieben Gespräche über einen Draht	66
26. Ins Innere der Erde	67
27. Fernlenkung	70
28. Wenn unsere Kohlen einst erschöpft sind	72
29. Elektrokultur	74

Sachverzeichnis

Abstimmung 25
Additionsprinzip 31
AEG 24
Arco 25, 37
Antenne 19, 26
Antennenrad 42
Aether 12
Atmosphärische Elektrizität 20

Bordstationen 47
Branly 19
Braun, F. 25, 32
Bredow 48

Detektor 25
Drehantenne 40
Duddel, W. 34
Duplexbetrieb 38

Edison 62
Eiffelturm 28
Eilvese 6, 37
Eisenbahnsicherungsdienst 65
Elektrische Funken 16
Elektrokultur 70
Elektromagnetische Lichttheorie 13
Elektronenröhre 37
Energieübertragung, drahtl. 73
Erdinneres 69

Feddersen 16
Fernlenkung, drahtlose 71
Flugzeugrichtfinder 60
Fortpflanzungsgeschwindigkeit 13
Frequenz 13, 36
Fritter 19, 21
Funkenstrecke 16, 19
Funkpressedienst 6, 42
Funkstelle 7

Gasantenne 74
Gedämpfte Wellen 31, 32
Gegensprechbetrieb 38
Geltow 39
Gerichtete Wellentelegr. 30, 38
Gesellschaft für drahtlose Telegraphie 32
Glimmentladungen 26
Goldschmidt 37
Großfunkenstation Neuyork 42

Hertz 14
Hochfrequenzmaschine 36
Hochfrequenztelegraphie 67
Huber 18

Induktionstelegraphie 63

Knarrfunkensender 27
Kondensator 28
Königswusterhausen 6
Konstante Welle 32
Küstenfunkstelle 7

Lavernock Point 22
Leimbach 68
Löwy 68
Luftrohrpostlinien 72

Marconi 20
Marconi-Gesellschaft 23
Marconisystem 31
Maschinensender 37
Maxwell 12
Meißner 37
Mitsprechen 63
Morseapparat 20

Nauen 6, 9, 32, 37
Newman 76
Nollet 75
Norddeich 6
Nullrichtung 38

Ortsbestimmung 60

Peilung 52
Penarth 22
Popoff 19
Preece 18, 21

Rahmenantenne 38
Reichsfunknetz 7
Reichweite 25, 68
Resonanz 30
Richtfinder 49
Righi 19
Röhrensender 37
Rundfunkdienst 43

Schiffswetterdienst 49
Schnelltelegraphen 31
Schwingungsdauer 13
Sendestadt 41
Sicherheit auf See 49
Slaby 22, 23, 25, 32, 55
Solf 10
SOS 53
Startmeldedienst 61
Stören 29

Telefunken 64, 65, 68
„Telefunken"-System 32
Tesla 36
Thorne-Baker 77
Tonfunkensender 27

Ueberdruckschrankstation 56

Verriegeln 27
Verstärker 37

Wellenlänge 13, 26, 29
Wellentelegraphie 6, 20, 42
Wellentelephonie 34
Wellenuhr 45
Weltfunknetz 7
Wetterdienst 49, 66
Wien, M. 25, 32
Wirth 70
Woermann 48
Wortleistung 10

Zeitsendestation 45
Zeitsignaldienst 44
Zungenempfang 58

Freude am Leben

❖❖❖❖❖ und sichere Grundlagen

für eine moderne Weltanschauung findet jeder in der Natur.

Zum Beitritt in den „Kosmos, Gesellschaft der Naturfreunde", laden wir

alle Naturfreunde

jedes Standes sowie alle Schulen, Volksbüchereien, Vereine usw. ein. — Außer dem geringen

Vierteljahresbeitrag von nur M 7.50

(Dazu durch den Buchhandel Bestellgeld, etwaige Postgebühr besonders)

erwachsen dem Mitgliede **keinerlei** Verpflichtungen; dagegen werden ihm folgende großen Vorteile geboten:

Die Mitglieder erhalten laut § 5 der Satzung als Gegenleistung für ihren Jahresbeitrag im Jahre 1921 **kostenlos:**

I. Die Monatsschrift Kosmos, Handweiser für Naturfreunde. Reich bebildert.

II. Die ordentlichen Veröffentlichungen. 4 Buchbeilagen.

Prof. Dr. K. Weule, Die Anfänge der Naturbeherrschung
Hanns Günther, Radiotechnik
Dr. Kurt Floericke, Würmer
Wilh. Boelsche, Im Bernsteinwald

III. Vergünstigungen beim Bezuge von hervorragenden naturwissenschaftlichen Werken

---

Jedermann kann jederzeit Mitglied werden.
Bereits Erschienenes wird nachgeliefert.

Anmeldungen bei jeder Buchhandlung oder durch die Geschäftsstelle des Kosmos, Stuttgart, Pfizerstraße 5.

Folgende seit Bestehen des Kosmos erschienene Buchbeilagen

erhalten Mitglieder, solange vorrätig zu Ausnahmepreisen:

1. Gruppe 1904—1907. Broschiert M 82.—, gebunden M 126.50

1904 Bölsche, W., Abstammung des Menschen. — Meyer, Dr. M. W., Weltuntergang. — Zell, Ist das Tier unvernünftig? (Dopp-Bd.) — Meyer, Dr. M. W., Weltschöpfung.

1905 Bölsche, W., Stammbaum der Tiere. — Francé, Sinnesleben der Pflanzen. — Zell, Dr. Th., Tierfabeln. — Teichmann, Dr. E., Leben und Tod. — Meyer, Dr. M. W., Sonne und Sterne.

1906 Francé, Liebesleben der Pflanzen. — Meyer, Dr. M. W., Rätsel der Erdpole. — Zell, Dr. Th., Streifzüge durch die Tierwelt. — Bölsche, W., Im Steinkohlenwald. — Ament, Dr. W., Die Seele des Kindes.

1907 Francé, Streifzüge im Wassertropfen. — Zell, Dr. Th., Straußenpolitik. — Meyer, Dr. M. W., Kometen und Meteore. — Teichmann, Fortpflanzung und Zeugung. — Floericke, Dr. K., Die Vögel des deutschen Waldes.

2. Gruppe 1908—1911. Broschiert M 82.—, gebunden M 126.50

1908 Meyer, Dr. M. W., Erdbeben und Vulkane. — Teichmann, Dr. E., Die Vererbung. — Sajo, Krieg und Frieden im Ameisenstaat. — Dekker, Naturgeschichte des Kindes. — Floericke, Dr. K., Säugetiere des deutschen Waldes.

1909 Francé, Bilder aus dem Leben des Waldes. — Meyer, Dr. M. W., Der Mond. — Sajó Prof. K., Die Honigbiene. — Floericke, Kriechtiere und Lurche Deutschlands. — Bölsche, W., Der Mensch in der Tertiärzeit.

1910 Koelsch, Pflanzen zwischen Dorf und Trift. — Dekker, Fühlen und Hören. — Meyer, Dr. M. W., Welt der Planeten. — Floericke, Säugetiere fremder Länder. — Weule, Kultur der Kulturlosen.

1911 Koelsch, Durch Heide und Moor. — Dekker, Sehen, Riechen und Schmecken. — Boelsche, Der Mensch der Pfahlbauzeit. — Floericke, Vögel fremder Länder. — Weule, Kulturelemente der Menschheit.

3. Gruppe 1912—1915. Broschiert M 82.—, gebunden M 126.50

1912 Gibson-Günther, Was ist Elektrizität? — Dannemann, Wie unser Weltbild entstand. — Floericke, Fremde Kriechtiere und Lurche. — Weule, Die Urgesellschaft und ihre Lebensfürsorge. — Koelsch, Würger im Pflanzenreich.

1913 Bölsche, Festländer und Meere. — Floericke, Einheimische Fische. — Koelsch, Der blühende See. — Zart, Bausteine des Weltalls. — Dekker, Vom sieghaften Zellenstaat.

1914 Bölsche, Wilh., Tierwanderungen in der Urwelt. — Floericke, Dr. Kurt, Meeresfische. — Lipschütz, Dr. A., Warum wir sterben. — Kahn, Dr. Fritz, Die Milchstraße. — Nagel, Dr. Osk., Romantik der Chemie.

1915 Bölsche, Wilh., Der Mensch der Zukunft. — Floericke, Dr. K., Gepanzerte Ritter. — Weule, Prof. Dr. K., Vom Kerbstock zum Alphabet. — Müller, A. L., Gedächtnis und seine Pflege. — Besser, H., Raubwild und Dickhäuter.

4. Gruppe 1916—1920. Broschiert M 86.—, gebunden M 132.30

1916 Bölsche, Stammbaum der Insekten. — Dekker, Dr., Heilen und Helfen. — Floericke, Dr., Bulgarien. — Weule, Krieg in den Tiefen der Menschheit (Doppelband).

1917 Besser, Natur- und Jagdstudien in Deutsch-Ostafrika. — Floericke, Dr., Plagegeister. — Hasterlik, Dr., Speise und Trank. — Bölsche, Schutz- und Trutzbündnisse in der Natur.

1918 Floericke, Forscherfahrt in Feindesland. — Fischer-Defoy, Schlafen und Träumen. — Kurth, Zwischen Keller und Dach. — Hasterlik, Dr., Von Reiz- und Rauschmitteln.

1919 Bölsche, Eiszeit und Klimawechsel. — Zell, Neue Tierbeobachtungen. — Floericke, Spinnen und Spinnenleben. — Kahn, Die Zelle.

1920 Fischer-Defoy, Lebensgefahr in Haus und Hof. — Francé, Die Pflanze als Erfinder. — Floericke, Schnecken und Muscheln. — Lämmel, Wege zur Relativitätstheorie.

Alle 4 Gruppen auf einmal bezogen: brosch. M 283.—, geb. M 440.—

Einzeln bezogen kostet jed. Band brosch. M 5.20, geb. M 7.80 (für Nichtmitgl. je M 6.60 bzw. M 9.80). Die Jahrgänge 1904—1916 (je 5 Bände) kosten für Mitglieder brosch. je M 22.50, geb. je M 35.20. Die Jahrgänge 1917—1920 (je 4 Bände) kosten für Mitglieder brosch. je M 18.40, geb. je M 28.20.

Vom Kosmos-Handweiser sind noch geringe Vorräte von 1910, 1911, 1913, 1914, 1915, 1917, 1918, 1919, 1920 vorhanden. Jeder Band kostet für Mitglieder brosch. M 12.—, geb. M 22.50 (für Nichtmitglieder brosch. M 15.—, geb. M 29.—).